ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 AOUT 1957.

PRÉSIDENCE DE M. Léon BINET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PSYCHOCHIMIE. — *Analyse de quelques expériences personnelles produites par l'ingestion des Agarics hallucinogènes du Mexique.* Note de M. **Roger Heim**.

La première expérience d'ingestion que j'ai tentée sur les *teonanacatl* ou champignons hallucinogènes utilisés par les Indiens du Mexique méridional et central [1] date du 18 mai 1956. Elle fut réalisée à Paris par l'absorption de cinq carpophores frais de *Stropharia cubensis*, pesant 120 g, obtenus au Laboratoire de Cryptogamie du Muséum de Paris, sur milieu naturel, en conditions non stériles, après ensemencement, sur ce compost, de mycélium provenant d'une culture pure sur malt gélosé stérile, faite à partir d'une sporée de cette espèce recueillie par M. R. Gordon Wasson et Mme V. P. Wasson au cours de leur voyage de 1953 en pays mazatèque. Les carpophores furent l'un après l'autre mastiqués et absorbés à 1 h du matin. (Leur chair s'est révélée ferme, d'abord assez agréable au goût, non âcre quoique marquée d'une légère saveur de radis, puis, peu à peu, une âpreté astrictive s'est manifestée dans l'arrière-gorge, qui a quelque temps persisté.)

Les premières manifestations apparurent environ 1 h 30 après la fin de l'absorption, mais une somnolence naturelle a rendu tout d'abord malaisée la caractérisation des symptômes correspondant à l'apparition, dans l'obscurité, de traînées de vives couleurs, puis du spectacle coloré d'un carrefour où des rues en pente se rejoignaient et que bordaient des bâtiments élevés, serrés l'un contre l'autre, sans aucune silhouette humaine. Durant cette période, plusieurs manifestations d'ordre digestif, assez pénibles, puis une excitation notable, enfin quelques maux de tête se succédèrent.

Entièrement réveillé vers 5 h du matin, je notai que mon écriture, par suite du rythme accéléré imposé à la main, était devenue aciculaire, aux jambages serrés en dents de scie et que, noire en réalité, elle m'apparaissait rouge sur le papier, impression qui se prolongea durant l'heure suivante. Une sensation particulière et superficielle de chaleur sur tout le corps, liée sans doute à un état de vasodilatation, s'accompagnait d'une impression fébrile : ma température accusait 37°,5 au lieu de 36°,4 normalement. Le pouls battait un peu plus vite que d'ordinaire (90).

Le jour s'étant levé et me trouvant dans des conditions pleinement conscientes — il était à peine 5 h —, j'observai successivement autour de moi toute une série de phénomènes nouveaux : tout d'abord, la sensation d'une profondeur accrue des objets environnants, avec intercalation de plans additifs, s'insinuant entre ceux dont j'étais habitué à mesurer l'existence. Ces modifications de la vision étaient accompagnées d'une exagération très nette du rouge. Bientôt, le dédoublement des objets se précisa : je voyais deux fois plus de livres que le réel, serrés selon la hauteur, l'un contre l'autre, sur les rayons de ma bibliothèque; les mots que j'écrivais, d'une écriture toujours étroite et anguleuse, me semblaient doubles, par conséquent confus. Puis une sorte de vertige me saisit et ces lettres écrites se montrèrent avec un relief étonnant. Me levant hors du lit, je pris contact avec une apparente obliquité du plancher qui me conduisit à me cramponner à la cheminée. Les couleurs du tapis du salon se révélèrent d'une pureté, d'une profondeur et d'une fulgurance exceptionnelles, hors de toute similitude avec les teintes que mon œil leur découvrait chaque jour. De temps en temps, des maux de tête se manifestaient. Une excitation gaie s'ajouta à celle dont j'étais l'objet depuis le début de l'expérience; elle se traduisait par des plaisanteries faites à haute voix. Je réalisai alors que j'étais seul, que personne n'avait pu surprendre mes interjections, et j'en éprouvai un vif soulagement. A ce moment, la duplicité des objets et des mots persistait, mais la netteté des contours se perdait en devenant trouble.

Vers 6 h 30 du matin, tout symptôme avait disparu. Cependant, je devais éprouver durant cette journée, à diverses reprises, des maux de tête et une amnésie partielle mais notable qui me faisait chercher en vain des mots usuels. Le jour suivant, aucune séquelle ne persistait apparemment.

Parmi les expériences faites au cours des cérémonies nocturnes chez les Indiens, en juillet 1956, à Huautla de Jiménez, en pays mazatèque, lors de notre expédition avec R. Gordon Wasson, Allan Richardson, James A. Moore et Guy Stresser-Péan, je n'en retiendrai ici qu'une seule. C'est au cours de la séance remarquable à laquelle la curandera Maria Sabina nous convia, le 9 juillet 1956, qu'ayant consommé plusieurs paires de *'ndi*^{1} *ši*^{3} *tho*^{3} *ki*^{3} *šo*^{1} (*Psilocybe cærulescens* var. *Mazatecorum*), j'éprouvai

dans l'obscurité de la pièce rigoureusement close les effets du teonanacatl : images colorées, sensation de chaleur, vive excitation. Je n'insisterai pas ici sur cette expérience collective qui a pu mettre en évidence une certaine diversité dans les symptômes ressentis par les trois expérimentateurs, Français et Américain. Cependant, je signalerai la sensation exceptionnelle de bien-être que j'ai éprouvée durant toute la journée suivante, où il me fut possible de rédiger et de dessiner dans des conditions de lucidité remarquable.

Une troisième expérience, fort notable, fut réalisée à Paris, le 14 avril 1957, à partir de 32 exemplaires frais, obtenus en culture dans mon laboratoire, de *Psilocybe mexicana*, pesant 18 g, mastiqués à 6 h du matin, l'un après l'autre — ce qui nécessita environ 15 mn (le goût vif de farine est peu agréable et un peu âcre). 25 mn après la fin de l'ingestion, des points lumineux, surtout verts, roses et rouges, apparaissaient quand je fermais les yeux. Une heure après, les symptômes d'excitation déjà ressentis avec le Strophaire se montraient, accompagnés de la même sensation de chaleur superficielle, telle qu'elle est habituellement liée à l'absorption de tous les teonanacatl (je l'ai vérifiée également avec le *Psilocybe Aztecorum*). Mais une impression interne de froid, assez vive, accusée par des tremblements, nécessitait l'intervention d'une bouillotte. La propension explosive à l'hilarité, une gaieté bruyante, traduite par des plaisanteries exprimées à haute voix, se déclenchaient 45 mn après l'ingestion. Près de 2 h après celle-ci, les troubles oculaires s'amplifiaient.

Les yeux fermés, dans la pleine clarté du jour, j'observe alors l'intensification des visions colorées, constamment en mouvement, sans cesse changeantes, les unes sous forme de bandes parallèles, surtout de teintes claires — vert pâle, roses et jaunes —, mimant ce que seraient des arcs-en-ciel rectilignes, les autres de disques pareillement colorés, de taille diverse et de même couleur quand ils apparaissent synchroniquement, mais dont l'intensité du ton diffère. D'un moment à l'autre, ils s'évanouissent pour faire place à un autre phantasme, d'une autre couleur. Deux heures après la fin de l'absorption, une sorte de féérique spectacle en bleu, couleur de morpho, m'apparaît, formé de disques rappelant, par l'intensité plus vive du centre, les ocelles des ailes de papillons.

C'est alors que, mes yeux grands ouverts, la fluidité des images réelles qui m'entourent naît et s'exagère; leurs contours deviennent mouvants comme des vagues dans la confusion des lignes oscillantes. Il n'y a plus d'élément fixe dans le monde qui m'environne, constamment en mouvement, sans cesse modifié; d'autre part, les yeux clos, l'apparition de couleurs nouvelles se poursuit. A ce moment encore, mon écriture est profondément modifiée comme mue par une mécanique accélérée; ses jambages rappellent les lignes d'un diagramme aux oscillations serrées.

Quelques maux de tête se manifestent. L'impression de chavirement, de roulis, d'oscillation continue, vient me remémorer celle que j'avais éprouvée sous l'action du *Stropharia cubensis*. Peu à peu, l'excitation se calme et disparaît, l'impression de froid interne s'achève, la sensation de chaleur superficielle s'évanouit, la vision redevient normale. A peine quelques légers maux de tête réapparaissent. Aucun indice d'amnésie ne se manifeste. Il est 8 h 30. Je me sens dans une heureuse clarté d'esprit qui s'ouvre sur une journée apte à une rare activité cérébrale et physique rejoignant le souvenir du bien-être exceptionnel qui suivit l'absorption du *Psilocybe Mazatecorum* lors de la première séance rituelle nocturne à laquelle j'ai assisté chez la curandera Maria Sabina, à Huautla de Jiménez.

Tels sont les résultats essentiels de mes premiers essais avec les teonanacatl. Ils rejoignent partiellement ceux que R. Gordon Wasson et Mme Valentina Pavlovna Wasson ont décrits à la suite de leurs propres expériences, faites avec les Mazatèques, en 1955. Cependant, l'ampleur et la nature de leurs sensations ne sont pas exactement les mêmes. Wasson écrit : « Mon âme entière était arrachée de mon corps et transportée dans un point de l'espace.... Tout d'abord nous voyions des figures géométriques, angulaires, non circulaires, très riches en couleurs, comme peuvent l'être des textiles ou des tapis..., des armures destinées à d'élégantes parades, des écussons familiaux, des sculptures pareilles à celles qui ornent les stalles du chœur et les sièges des cathédrales.... La patine du temps n'était pas visible. Tout paraissait fraîchement sorti de l'atelier divin. Le poli en était intact.... (Ces beautés)... semblaient naître l'une de l'autre, chaque nouvelle vision surgissant du centre de la précédente.... Puis ces figures ont acquis des structures architecturales, avec colonnades, architraves, patios, dont la splendeur suscitait le ravissement..., dont les pierres aux couleurs brillantes étaient d'or et d'onyx..., composées avec harmonie et ingéniosité selon une magnificence hors de la vision humaine.... Le bouquet, sur la table, prit les dimensions et la forme d'un char triomphal traîné par des créatures mythologiques » (2).

Les hallucinations de R. G. Wasson sous l'action du teonanacatl rappellent surtout celles qu'ont ressenties et retracées Weir Mitchell, et d'autres expérimentateurs, sous l'influence du peyotl. Mes propres sensations, telles que les teonanacatl me les ont livrées, s'apparentent indiscutablement mieux à celles qu'a décrites Aldous Huxley sous l'effet de la mescaline (3) : « Les livres, comme les fleurs, luisaient de couleurs plus vives, d'une signification plus profonde... d'une lumière vivante ». Il ne distingue, non plus que moi-même, que Wasson d'ailleurs, ni visages ni formes d'hommes ou d'animaux, mais, pareillement à moi-même, contrairement à Wasson, ni paysages ou constructions somptueuses, ni espaces immenses. Son percept s'attarde, aux dépens du concept, à une

pénétration nouvelle et directe de la nature physique des choses. C'est ce nouveau contact *avec l'extérieur* qui retient surtout son esprit. Il mentionne des points de fixation, comme les plis de son pantalon; « l'événement, c'est ce qui est nouveau pour moi ». Le grand changement se place, pour lui, dans le domaine des faits objectifs : « Ce qui arrive à mon univers subjectif est sans importance ». A ces impressions se raccordent les miennes en grande partie. Mais je me retrouve avec André Michaux, qui expérimenta lui aussi la mescaline ([4]), quand celui-ci insiste sur l'état de mouvement continuel des hallucinations, dont le jeu harcelant, chez lui, conduit plus loin, vers une sensation qui permettrait de parler d'expérience visionnaire négative ou infernale d'où la plénitude est abolie. Les symptômes ressentis se rapprochent encore étroitement de ceux que A. Hofmann ([5]), et d'autres qui l'ont suivi, ont connus sous l'influence de la diéthylamide de l'acide D-lysergique (LSD 25), cet acide constituant le noyau spécifique des alcaloïdes de l'ergot de seigle : « En fermant les yeux, je vis défiler un chapelet ininterrompu d'images fantastiques, d'un relief et d'une richesse de coloration extraordinaires... ». Les troubles somatiques et neuro-végétatifs s'appliquent à l'incoordination motrice, la dilatation pupillaire, la tachycardie, mais ce sont surtout les troubles de la perception, de la pensée et de l'affectivité qui sont frappants. « L'appréciation de la durée est perturbée » (comme avec la mescaline). « Il y a diminution de l'attention et de la capacité de concentration.... L'affectivité peut être modifiée dans un sens ou dans l'autre : euphorie, exubérance, accès d'hilarité, ou au contraire dépression, angoisse.... On éprouve une curieuse sensation de dépersonnalisation ou de dédoublement. On a l'impression de planer au-dessus de son propre corps. » On voit la parenté étroite entre les symptômes produits par la mescaline, par l'acide lysergique et par les corps actifs que renferment les teonanacatl.

En tout cas, les quatre remarques qui résument les observations d'Aldous Huxley sous l'effet du peyotl me paraissent mériter d'être mises en lumière dans le cas des teonanacatl, telles qu'elles se sont révélées à moi-même dans leur action :

1° L'aptitude à « se souvenir et penser droit » est peu diminuée;

2° « Les impressions visuelles sont considérablement intensifiées »;

3° « La volonté subit une modification profonde, en mal »;

4° « Des choses meilleures peuvent être éprouvées, là-bas ou ici, à l'intérieur ou à l'extérieur, simultanément ou successivement ».

A. Huxley conclut : « La mescaline ouvre le chemin de Marie, mais ferme la porte sur celui de Marthe.... Elle donne accès à la contemplation, mais à une contemplation incompatible avec l'action, même avec la volonté d'action, avec l'idée même d'action ». En somme, elle permet d'atteindre les sommets, mais non pas dans la plénitude.

Cependant, j'ajouterai que l'absence de volonté n'implique pas (chez certains sujets ?) la perte de la notion utile, traditionnelle ou conventionnelle qui s'attache à notre conduite. J'eus beaucoup de difficulté, en m'arrachant à la concentration perceptive, à prendre quelques notes, mais je demeurais dans la parfaite lucidité de ma situation et j'éprouvais quelque regret de ne pouvoir résister mieux à l'inhibition de ma volonté. D'autres tendances physiologiques se heurtaient au frein d'une position pleinement raisonnable. Les plaisanteries, explosion extérieure d'une action provoquée, restaient canalisées par un jugement lucide. Finalement, durant ces expériences successives, ce que j'appellerai mon concept de responsabilité morale demeurait dans la lumière de ma conscience. Le dédoublement de la personnalité était indiscutable, mais la tendance centrifuge qui se manifestait, puissamment, liée à l'action de la drogue, ne s'est jamais libérée d'un certain contrôle du conscient. Naturellement, il reste possible que cette situation, fonction sans doute d'une dose raisonnable de substance active, dépende aussi de mon propre psychisme, ainsi que l'a reconnu pour lui-même Aldous Huxley : « Je n'avais pas compté avec les particularités de mon ensemble génétique mental, les faits de mon tempérament, de mon éducation et de mes habitudes ».

Ce jugement trouve un appui dans mes propres déductions; les manifestations provoquées par les teonanacatl me paraissent en effet sous la dépendance de quatre facteurs différents : bien entendu de la quantité de substance absorbée, de la nature précise de l'espèce hallucinogène utilisée, mais aussi de l'individualité psychique de l'expérimentateur et enfin de l'état dans lequel il se trouve au moment de l'expérience. Un fait remarquable est bien que les teonanacatl des Mexicains, Agarics des genres *Psilocybe* et *Stropharia* (probablement aussi *Conocybe*), provoquent des manifestations très proches de celles de la mescaline, extraite du cactus peyotl. Nous y reviendrons ailleurs, mais on peut insister notamment sur les réactions d'hilarité qui se retrouvent dans les deux cas. Je les ai notées plus haut quant à mes propres expériences, et je rappellerai la citation de Francisco Hernández [6] : « ...d'autres champignons, appelés *teyhuinti*, une fois mangés, ne causent pas la mort mais une sorte de folie, qui dure parfois, et dont le symptôme est un rire inextinguible ». D'ailleurs, cette excitation gaie fait place parfois à un pessimisme désespéré, pouvant aller jusqu'au suicide (« ils pleuraient et se lavaient leurs faces avec leurs larmes ») (Bernardino de Sahagùn). Or, Aldous Huxley a noté, lui aussi, l'apparition du rire convulsif sous l'influence du peyotl : « Je me mettais à rire au point que les larmes me ruisselaient sur les joues ». Du reste, d'autres Agarics, dont l'action ne s'applique pas à des hallucinations colorées, provoquent de telles manifestations hilares, ne serait-ce que l'*Amanita muscaria* (folie muscarinienne), qui renferme la muscarine, alcaloïde dont

Eugster nous a livré récemment la formule de constitution, et qui, consommée fraîche et en petites quantités, peut produire une agréable sensation qui confine au bien-être contemplatif (j'en ai fait l'expérience en 1923, à Briançon).

J'ajouterai que je suis moins assuré qu'Aldous Huxley de l'inocuité de l'action des substances en cause — aussi bien de la mescaline que des corps renfermés dans les Agarics hallucinatoires (le *Stropharia cubensis* semble d'ailleurs offrir une certaine toxicité) ([7]). Je reste persuadé que les curanderos mexicains altèrent progressivement leur santé par la répétition de leurs séances cultuelles et de l'ingestion des champignons sacrés qui les accompagne. Quoique incertaine, c'est là encore une donnée qui méritait d'être introduite dans le débat.

Dans cette Note préliminaire, je n'ai eu d'autre intention à mon tour que de contribuer à ouvrir la voie, après d'autres, vers l'étude de phénomènes, dont la schizophrénie est un état extrême, et qui peut permettre de pénétrer les raisons d'ordre chimique auxquelles sont liées les manifestations traduisant cet état. De ces dernières, André Michaux a tenté dangereusement de se rapprocher expérimentalement et Aldous Huxley les a comparées à celles que livrerait « l'influence permanente de la mescaline ». Il est permis d'affirmer aujourd'hui, après R. G. Wasson, et après les expériences relatées ci-dessus, que ces conclusions peuvent être étendues aux constituants chimiques des champignons hallucinatoires du Mexique, responsables de semblables symptômes.

(1) R. Heim, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 965 et 1389; 244, 1957, p. 695; *Revue de Mycologie*, 42, fasc. 1, mai 1957, p. 58; V. P. et R. G. Wasson, *Mushrooms, Russia and History*, 2 vol., New-York, 1957; R. Heim et R. Cailleux, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 3109.

(2) *Loc. cit.*, 1957, p. 293-295.

(3) Aldous Huxley, *Les portes de la perception* (*The doors of perception*), Monaco, 1954; *Le Ciel et l'enfer* (*Heaven and hell*), Monaco, 1956, trad. J. Castier.

(4) André Michaux, *Misérable miracle*, Monaco, 1956.

(5) A. Stoll et A. Hofmann, *Helv. Chim. Acta*, 26, 1943, p. 944. *Voir* aussi *Triangle*, 2, nº 3, 1955, p. 117.

(6) *De historia plantarum Novæ Hispaniæ*, 2, 1790, p. 357, Rome.

(7) R. Heim, *loc. cit.*, 242, 1956, p. 965.

MORPHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur deux Notes relatives à l'ontogénie d'inflorescences.* Note (*) de M. Lucien Plantefol.

La comparaison de l'ontogénie de la fleur terminale et des deux inflorescences étudiées dans les Notes de M. Hadj-Moustapha d'une part et de A. Lance et P. Rondet d'autre part montre que des rôles différents peuvent être joués par l'anneau initial et le méristème d'attente dans la constitution de la plante au moment de la floraison. Un schéma commun résume les résultats.

Deux Notes de morphologie végétale relatives l'une et l'autre à l'ontogénie d'inflorescences sont présentées dans ce numéro des *Comptes rendus*. Elles légitiment un commentaire, car elles sont en apparence contradictoires. De plus elles se rattachent étroitement aux recherches que je poursuis et sont capables de nous apporter des clartés importantes sur des questions posées.

On sait qu'une tige feuillée est terminée par ce qu'une science ancienne, où le microscope ne jouait pas grand rôle, a appelé improprement le *point végétatif* et il semble aujourd'hui établi que la science classique faisait une erreur en maintenant à propos des Angiospermes la notion d'initiales apicales. Les initiales sont disposées en un anneau méristématique ([1]) que montrent les colorations appropriées (en particulier les tests histochimiques comme celui de Brachet) et dont l'expérimentation vérifie la réalité. Le fonctionnement de l'*anneau initial* donne durant la vie végétative d'un rameau la série des feuilles et les règles suivant lesquelles il fonctionne, impliquent la disposition de ces feuilles en hélices foliaires.

Mais le rameau, après cette période végétative, peut devenir floral. Dans un Ouvrage intitulé *L'ontogénie de la fleur* ([2]), j'ai étudié ce qui se passe au point végétatif au moment de cette transformation. L'anneau initial maintient, dans la fleur terminale, les règles de son fonctionnement, sauf celles qui se rapportent à sa reconstitution. Après avoir formé les dernières feuilles, il fournit encore les sépales, feuilles modifiées et généralement simplifiées qui vont entourer la jeune fleur, et les restes de cet anneau initial donnent, suivant un mode différent, naissance aux pétales. Les parties de la fleur terminale qui sont entourées par les sépales et pétales, c'est-à-dire les étamines et les carpelles, prennent naissance du tissu jusqu'alors à peu près inactif qui terminait la tige, et qu'entourait l'anneau initial. C'est ce tissu que mon collaborateur, M. Buvat, a, d'un terme heureux, appelé le *méristème d'attente*, qui construit les étamines et les carpelles d'une fleur terminale comme une Rose à grosse fleur unique ou une Pivoine (I, *Rosa*).

Mais quel est le devenir de cet anneau initial dans le cas où le rameau se termine non par une fleur unique, mais par une inflorescence simple, épi ou grappe ? Sur un tel sujet les données classiques sont assez pauvres et discutées d'ailleurs, par exemple dans les exposés du grand morphologiste belge Grégoire et de ses continuateurs ([3]). L'idée fondamentale de Grégoire, c'était l'indépendance de l'axe végétatif, producteur de feuilles, et de l'axe floral. Dans le cas de la fleur terminale unique, il imaginait le point végétatif cessant sa croissance et la fleur formée latéralement au rameau par développement d'un bourgeon axillaire. Dans le cas d'une inflorescence simple, épi ou grappe, les fleurs sont visiblement latérales. Pour Grégoire, elles prendraient naissance à partir d'un méristème continu,

étendu sur la tige inflorescentielle prolongeant l'axe végétatif, méristème auquel Grégoire donnait le nom de *manchon*.

Un premier examen rapide d'inflorescences très diverses montre que chaque exemple rencontré peut différer du précédent par quelque caractère important. L'ontogénie d'inflorescences typiques, parfois très analogues apparemment, doit donc être étudiée dans un détail aussi complet que possible et c'est seulement après la réunion d'un nombre suffisant de tels travaux que pourra être tracée une Ontogénie des Inflorescences.

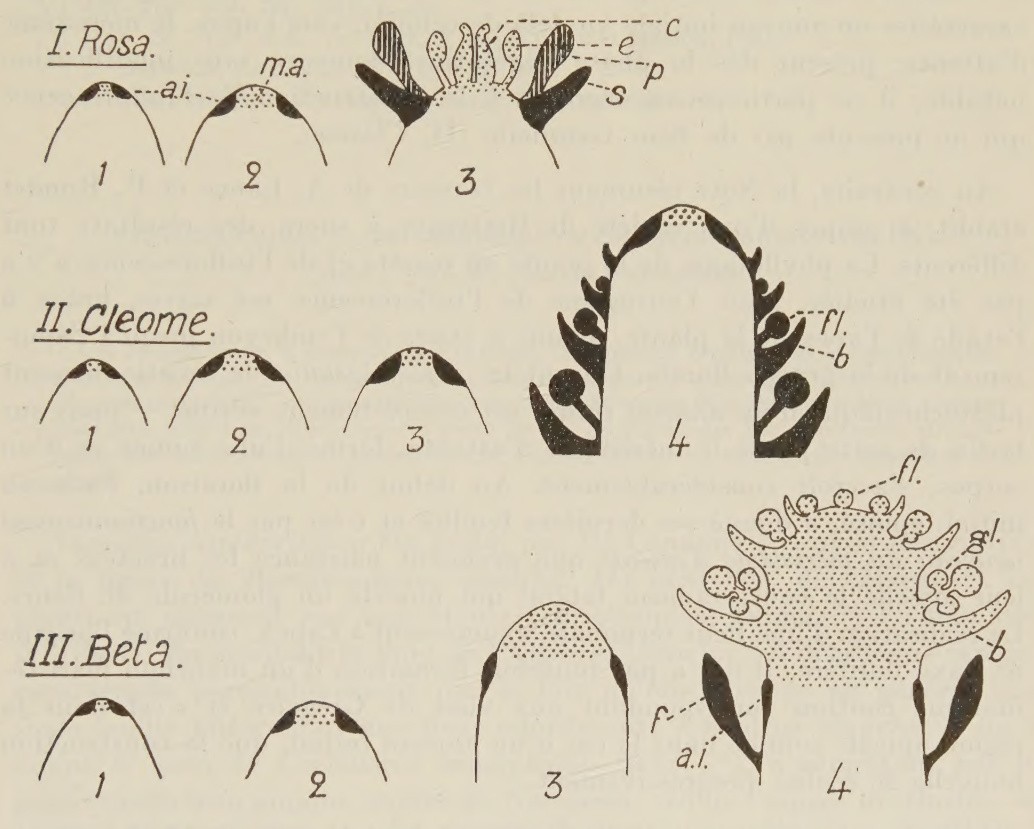


Schéma ontogénique montrant l'utilisation de l'anneau initial et du méristème d'attente dans la réalisation de la fleur terminale unique (I, *Rosa*) et de deux types d'inflorescences (II, *Cleome*, d'après M. Hadj-Moustapha; *Beta*, d'après A. Lance et P. Rondet).

Coupes longitudinales schématiques traduisant l'évolution ontogénique de l'anneau initial *a.i.*, figuré en noir, et du méristème d'attente *m.a.* figuré en pointillé, à divers stades du développement. Les schémas I,2, II,3 et III,3 sont relatifs au stade précédant la formation de la fleur ou de l'inflorescence. Le schéma I, 3 montre la participation des deux méristèmes à la formation de la fleur. Les schémas II, 4 et III,4, opposent le rôle de l'anneau initial chez le *Cleome* et celui du méristème d'attente chez la *Beta* dans la formation de l'inflorescence.

a.i., anneau initial; *m.a.*, méristème d'attente; *s.*, sépales; *p.*, pétales; *e.*, étamines; *c.*, carpelles; *b.*, bractée; *fl.*, fleur; *f.*, feuille; *gl.*, glomérule de fleurs.

Les deux Notes que je présente contribuent à la préparation d'un tel travail et soulignent par leurs différences la complexité du problème.

Mon élève, M. Hadj-Moustapha, a étudié une Capparidacée annuelle dont la longue inflorescence régulière est utilisée à la décoration des jardins, le *Cleome spinosa* Jacq. Il a montré précédemment [4] que la tige comporte deux hélices foliaires et se prolonge dans l'inflorescence par un axe rigoureusement vertical où, avec la floraison, le nombre des hélices, maintenant bractéales et non plus exactement foliaires, passe à 5. Il étudie aujourd'hui l'ontogénie de cette inflorescence et conclut qu'elle est *construite par le même anneau initial* qui avait d'abord fonctionné végétativement. Il retrouve durant cette période le *fonctionnement plastochronique* qui caractérise un anneau initial. Au-delà de celui-ci, vers l'apex, le méristème d'attente, présent dès la phase végétative, demeure sans modification notable; il ne participe aucunement à la construction de l'inflorescence qui ne présente pas de fleur terminale (II, *Cleome*).

Au contraire, la Note résumant les travaux de A. Lance et P. Rondet établit, à propos d'une variété de Betterave à sucre, des résultats tout différents. La phyllotaxie de la plante en rosette et de l'inflorescence n'y a pas été étudiée, mais l'ontogénie de l'inflorescence est suivie, grâce à l'étude de l'apex de la plante, depuis le stade de l'embryon jusqu'à l'épuisement de la grappe florale. Durant la *phase végétative* le fonctionnement plastochronique d'un *anneau initial* est complètement vérifié — mais sur la fin de cette phase le méristème d'attente, formé d'une tunica et d'un corpus, s'accroît considérablement. Au début de la floraison, l'anneau initial, épuisé, a donné ses dernières feuilles et c'est par le *fonctionnement nouveau du méristème d'attente* que prennent naissance les bractées et à leur aisselle le court rameau latéral qui modèle un glomérule de fleurs. La réalisation d'une fleur terminale, exactement à l'apex, confirme l'origine de l'axe florifère. Il n'y a pas toutefois formation d'un manchon méristématique continu correspondant aux vues de Grégoire et c'est dans la région apicale comme dans le cas d'un anneau initial, que la construction nouvelle se réalise progressivement.

L'étude ontogénique est particulièrement délicate au moment où l'*anneau* initial cesse de fonctionner et où le méristème d'attente entre en activité. Les auteurs n'auraient pas pu être vraiment affirmatifs si leur matériel avait eu le comportement biologique habituel des Betteraves cultivées, normalement bisannuel. Un artifice de culture a permis une croissance ininterrompue et la floraison l'année du semis. Aussi pouvait-on prétendre établir le remplacement de l'anneau initial épuisé par un nouveau tissu fonctionnel, ce que le repos hivernal eut rendu presque impossible à prouver. Je ferai remarquer toutefois qu'il y a là une opposition très importante entre le *Cleome* et la *Beta* étudiés. L'un, annuel, construit normalement sans arrêt tige végétative et inflorescence; l'autre, normalement bisannuel,

présente même sur une plante rendue annuelle des phénomènes réglés en accord avec un long repos.

Si la diversité de comportement exposée confirme les idées qui ont été précédemment rencontrées sur la diversité ontogéniques des inflorescences, peut-être y a-t-il pourtant dans ce caractère biologique d'un axe florifère ici annuel ou là bisannuel, une circonstance très importante, que l'étude ontogénique comparée des inflorescences ne saurait négliger.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) *Rev. gén. Bot.*, **54**, 1948, p. 49.

(2) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 11e série, **9**, 1948, p. 32 et Masson, Paris.

(3) V. Grégoire, *La Cellule*, **47**, 1938, p. 287.

(4) M. Hadj-Moustapha, *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 1059.

SYSTÉMATIQUE. — *Réhabilitation du* Narcissus cantabricus DC. Note (*) de M. **Abilio Fernandes.**

Les caractères de la morphologie externe, les données écologiques et caryologiques ainsi que les résultats de quelques hybridations entre *Narcissus Bulbocodium* L. et *N. cantabricus* DC. ont montré que cette dernière espèce doit être considérée comme distincte. Elle a été différenciée à partir de *N. Bulbocodium* par altérations structurelles des chromosomes, probablement accompagnées ou suivies de mutations de gènes.

Narcissus cantabricus a été établi par De Candolle (1) sur la description et la figure du *Pseudo-narciss. juncifol. III albo-flor.* de Clusius (2). La plante ne croissant pas aux Monts Cantabriques, Dunal (3) l'a nommée *N. Clusii*. En étudiant la flore de l'Algérie, Durieu (4) a décrit une espèce, caractérisée particulièrement par le fait qu'elle posséde en général une seule feuille filiforme et une fleur odoriférante à couleur blanche; il lui a donné le nom de *Corbularia monophylla*. Baker (5), n'admettant pas le genre *Corbularia* comme séparé de *Narcissus*, réduit l'espèce de Durieu au rang de variété, et lui donne le nom de *N. Bulbocodium* L. var. *monophyllus* (Dur.) Bak. Ce même auteur (*loc. cit.*) range *N. Clusii* dans la synonymie de la var. *monophyllus*; quant à *N. cantabricus* DC. (= *Corbularia cantabrica* Haw.), il le considère comme une forme à fleur blanche connue seulement d'anciennes figures. D'accord avec T. Moore, Maire (6) considère *N. monophyllus* comme une espèce autonome, dans laquelle il distingue la var. *foliosus*. Plus tard, Jahandiez et Maire (7) réduisent *N. monophyllus* au rang de sous-espèce de *N. Bulbocodium*, et continuent à reconnaître la var. *foliosus*. Bowles (8) expose en détail l'histoire du *N. cantabricus*, taxon qui, à son avis, devra inclure *N. Clusii* et *N. monophyllus*. L'auteur, cependant, n'émet pas d'opinion en ce qui concerne le problème

suivant : *N. cantabricus* doit-il être considéré comme une espèce distincte ou bien comme une sous-espèce ou variété de *N. Bulbocodium* ? Dans le but de répondre à cette question, nous avons tout d'abord étudié comparativement *N. Bulbocodium* et *N. cantabricus* (*N. monophyllus* inclus) au point de vue de la morphologie externe et nous avons constaté que les différences entre les deux taxa sont celles mentionnées dans le tableau I.

TABLEAU I.

N. Bulbocodium L.	*N. cantabricus* DC.
Écailles externes du bulbe blanchâtres jusqu'au brun foncé	Écailles externes du bulbe toujours brun foncé (presque noires)
Fleur ± longuement pédicellée	Fleur subsessile
Fleurs peu odoriférantes	Fleurs assez odoriférantes
Périgone jaune	Périgone blanc
Couronne généralement non élargie vers l'ouverture	Couronne élargie vers l'ouverture

Ensuite, nous avons déterminé le nombre et étudié la morphologie des chromosomes somatiques des deux taxa et nous sommes parvenu à établir les formules chromosomiques suivantes (*fig.* 1 *a* et *c*) :

N. Bulbocodium L :

$$2n = 14 = 2\,lm(\mathrm{A}) + 2\,\mathrm{L}p_1(\mathrm{B}) + 2\,\mathrm{L}p_2(\mathrm{C}) + 2\,\mathrm{L}p_3(\mathrm{D}) + 2\,\mathrm{PP}(\mathrm{E}) + 2\,\mathrm{PP}(\mathrm{F}) + 2\,\mathrm{P}p'(\mathrm{G});$$

N. cantabricus DC :

$$2n = 14 = 2\,lm(\mathrm{A}) + 2\,\mathrm{L}p_1(\mathrm{B}) + 2\;lp'(\mathrm{C}) + 2\,\mathrm{L}p_3(\mathrm{D}) + 2\,\mathrm{PP}(\mathrm{E}) + 2\,\mathrm{PP}(\mathrm{F}) + 2\,\mathrm{PP}\,(\mathrm{G}).$$

La comparaison de ces formules chromosomiques nous a montré qu'elles sont distinctes, puisque nous trouvons chez *N. cantabricus* les paires chromosomiques lp'(C) et PP(G) auxquelles correspondent des paires Lp_2 et Pp' dans la garniture de l'autre espèce. D'autre part, nous avons constaté

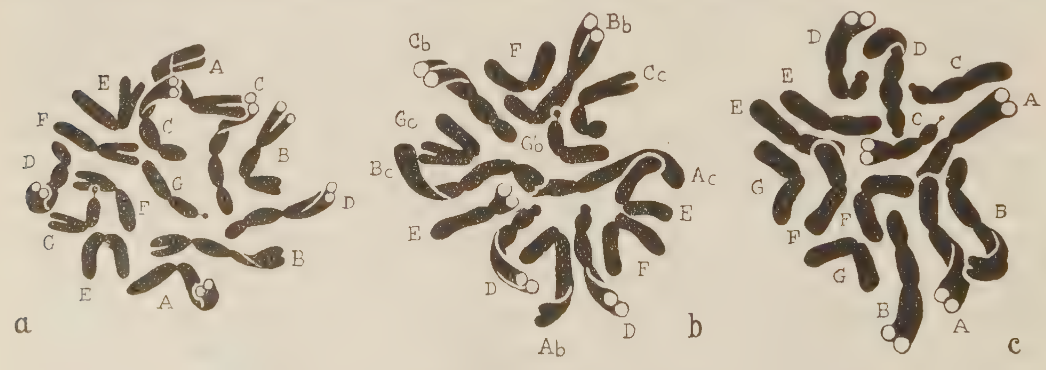


Fig. 1. — Plaques équatoriales dans des cellules de méristèmes radiculaires. *a*, *Narcissus Bulbocodium*. *b*, Hybrides de *N. Bulbocodium* et *N. cantabricus*. *c*, *N. cantabricus*. Sur les figures *a* et *c* les paires chromosomiques sont indiquées par les lettres A-G. Sur la figure *b*, les indices *b* et *c* des lettres signalent, respectivement, les chromosomes issus de *N. Bulbocodinm* et de *N. cantabricus*, tandis que les autres chromosomes, indiqués par des lettres dépourvues d'indices, sont semblables dans les deux parents. x ca. 2 620.

que les bras longs des paires *lm*(A) et Lp_1(B) sont plus longs chez *N. cantabricus* que chez *N. Bulbocodium*. Ces différences ont été aussi constatées sur les métaphases somatiques des hybrides engendrés au moyen du croisement des deux espèces (*fig.* 1 *b*).

Chez *N. cantabricus* var. *foliosus*, nous avons dénombré 28 chromosomes, ce qui revient à dire qu'il s'agit d'une forme tétraploïde.

Des croisements ont été faits entre *N. Bulbocodium* et *N. cantabricus*, les caractères distinctifs des deux parents étant les suivants :

N. Bulbocodium L.	×	*N. cantabricus* DC.
Fleur jaune		Fleur blanche
Plus d'une feuille par bulbe		Une seule feuille par bulbe
Feuilles dressées		Feuille étalée

Les 112 plantes F_1 examinées ont montré des fleurs blanches, plus d'une feuille par bulbe et des feuilles recourbées en U ou en V renversés. On constate donc que la couleur blanche et l'existence de plus d'une feuille par bulbe sont des caractères dominants et que l'aspect des feuilles est intermédiaire. Nous avons vérifié de plus que le pourcentage de pollen avorté des hybrides s'avoisinait le plus souvent de 100 %. D'accord avec cette observation, nous avons constaté que les hybrides étaient complètement stériles.

Étant données les différences concernant la morphologie externe (*voir* tableau I), les différences écologiques (*N. cantabricus* croît dans les fissures des rochers à l'ombre d'arbustes, tandis que *N. Bulbocodium* aime plutôt les endroits ensoleillés), les différences caryologiques (*voir* les formules chromosomiques) et le fait que leurs hybrides sont stériles, nous avons été amené à conclure que *N. Bulbocodium* et *N. cantabricus* doivent être considérés comme des espèces distinctes.

Chez *N. cantabricus* DC., qui, d'après ce que nous venons de dire, doit être réhabilité comme espèce autonome, nous distinguons les taxa infraspécifiques suivants : ssp. *cantabricus*, avec les variétés *cantabricus* (le type correspondant à la plante de Clusius), *foliosus* (Maire) A. Fernandes, *kesticus* (Maire et Wilczek) A. Fernandes et *petunioides* A. Fernandes var. nov. (*affinis* var. *kestico a qua corona rotata corolam Petuniæ simulante præcipue differt*); et ssp. *monophyllus* (Dur.) A. Fernandes.

Les caractères caryologiques et ceux de la distribution géographique montrent que la ssp. *monophyllus* est le taxon le plus primitif et qu'il est issu d'une forme diploïde de *N. Bulbocodium* par altérations structurelles des chromosomes (translocation réciproque entre les bras p_2 et p' des chromosomes Lp_2 et Pp' et translocations entre le bras L de Lp_2 et les bras l et L de deux autres chromosomes *lm* et Lp_1 [9])] qui sont devenus homozygotes par les hasards des croisements probablement accompagnés

ou suivis de mutations de gènes, parmi lesquelles on devra compter celle qui a produit l'interruption de la chaîne des réactions amenant à la synthèse du pigment qui donne la couleur jaune au périgone. Bien que nous ne sachions pas encore ce qui a été dû aux mutations de gènes et aux altérations structurelles, l'irrégularité de la méiose des hybrides F_1 et, par conséquent, leur infertilité, doivent être attribuées aux remaniements des chromosomes. Ceux-ci ont donc engendré une barrière de stérilité qui a certainement contribué fortement à l'établissement de *N. cantabricus* comme espèce distincte. Chez cette espèce, l'évolution a eu lieu tout au moins en partie par polyploïdie, comme le montre l'existence de la var. *foliosus* qui est tétraploïde.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) *Redouté, Liliacées*, **8**, 1816, p. 486.

(2) *Rariorum Plantarum Historia*, 1601, p. 166.

(3) *Mém. Acad. Sci. Montpellier*, **6**, 1847.

(4) DUCHARTRE, *Rev. Bot.*, 2, 1846-1847, p. 425.

(5) *Gardn. Chron.*, 1869; *in* BURBIDGE, *Narcissus*, 1875, p. 67; *Handbook Amaryll.*, 1888, p. 3.

(6) *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, **20**, 1929, p. 38.

(7) *Cat. Pl. Maroc*, **1**, 1931, p. 138.

(8) *Handbook of Narcissus*, 1934, p. 210-214.

(9) On attend l'étude de la méiose des hybrides pour établir avec plus de précision les altérations chromosomiques structurelles qui ont eu lieu.

M. **EDMOND SERGENT** fait hommage d'un fascicule intitulé : *Une question de terminologie : comment traduire « Stress » ?*

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **ROGER HEIM** : *Encyclopédie mycologique*. XXX. *Le dépérissement des œillets*, par MIREILLE MOREAU, dont il a écrit la *Préface*.

M. **POL SWINGS**, Correspondant pour la Section d'Astronomie, fait hommage d'un volume intitulé : *Les Molécules dans les Astres*. Communications présentées au septième Colloque international d'astrophysique tenu à Liège, les 12, 13 et 14 juillet 1956.

M. **VICTOR F. WEISSKOPF**, Correspondant pour la Section de Physique, adresse en hommage à l'Académie, l'ensemble de ses travaux et notamment l'Ouvrage suivant : *Theoretical Nuclear Physics*, écrit en collaboration avec M. JOHN M. BLATT.

M. **HENRI BESAIRIE**, Correspondant pour la Section de Géologie, fait hommage d'un fascicule multicopié : *La géologie de Madagascar en* 1957.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance ;

1° *Éphémérides nautiques pour l'an* 1958, publiées par le Bureau des Longitudes ;

2° 6e *Colloque Ampère*. Rennes-Saint-Malo, 24-26 avril 1957 ;

3° Organisation européenne pour la recherche nucléaire. *Deuxième rapport annuel* ;

4° Exploration du Parc national de l'Upemba. Mission G.-F. De Witte. Fasc. 42. *Genres Afrixalus et Hyperolius* (Amphibia Salientia), par Raymond F. Laurent. Fasc. 46. *Coccinellidæ*, par Leopold Mader. *Lucanidæ. Hybosorinæ. Dynastinæ*, par Sebö Endrödi. *Gasteruptionidæ*, par Jean J. Pasteels. Fasc. 47. *Meloidæ* (Coleoptera-Heteromera), par Zoltan Kaszab ;

5° Exploration du Parc national Albert. Deuxième série. Fasc. 2. *Pselaphidæ*, par René Jeannel. Fasc. 3. *Biotopes de haute altitude. Ruwenzori, I*, par Jean de Heinzelin de Braucourt et Henri Mollaret. Fasc. 5. *Eccrinida d'un Gargilius* sp., par Jehanne-Françoise Manier et Jean Théodoridès. *Nyctotherus* (*Parasite de Myriapodes*). *Thrychomycetes monoaxes et rameux. Grégarines*, par Odette Tuzet, Jehanne-Françoise Manier et Pierre Jolivet. *Nyctotherus* (*Parasite de Ténébrionides*), par Odette Tuzet et Jean Théodoridès. *Coccinellidæ*, par Leopold Mader. *Juvénile de Gordiorhynchus chez un Acridien*, par Yves J. Golvan et René Ormières. Fasc. 88. *Hymenoptera-Bethylidæ*, par Pierre L. G. Benoit. Fasc. 89. *Pompilidæ*, (Hymenoptera Sphecoidea), IIe partie, par Hermann Haupt.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur certaines fonctions arithmétiques.* Note (*) de M. **Hubert Delange**, présentée par M. Paul Montel.

Résultats relatifs à la distribution des valeurs prises par des fonctions arithmétiques simples définies à partir de certains ensembles de nombres premiers.

E étant un ensemble de nombres premiers, nous lui associons les fonctions arithmétiques ω_E et Ω_E définies de la façon suivante :

$\omega_E(n)$ est le nombre des diviseurs premiers de l'entier positif n qui appartiennent à E et $\Omega_E(n)$ est le nombre total des facteurs appartenant à E dans la décomposition de n en facteurs premiers.

En utilisant des théorèmes taubériens relatifs aux séries de Dirichlet, nous avons étudié précédemment ([1]) la distribution des valeurs des fonctions ainsi associées aux ensembles de nombres premiers possédant une certaine propriété (P), que nous exprimions en disant qu'ils sont *réguliers et de densité positive.*

Nous considérons maintenant les ensembles de nombres premiers de la forme

$$E = E_1 \cup E_2 - E_3,$$

où : 1° E_1 est l'ensemble, supposé non vide, de tous les nombres premiers appartenant à une progression arithmétique donnée, ou bien à la réunion de deux ou plusieurs progressions arithmétiques données, de même raison ;

2° $E_2 \cap E_1 = \emptyset$ et $E_3 \subset E_1$;

3° Pour $j = 2$ et pour $j = 3$, ou bien E_j est vide ou fini, ou bien la série $\sum_{p \in E_j} 1/p^\sigma$ est convergente pour un σ inférieur à 1.

Nous désignons par (Φ) la famille formée de tous les ensembles de cette forme.

Tous les ensembles de la famille (Φ) possèdent la propriété (P) et ce sont en fait les seuls ensembles de nombres premiers dont nous sachions effectivement montrer qu'ils possèdent cette propriété.

Nous désignons par $(\mathcal{F})$ la famille formée de toutes les fonctions ω_E et Ω_E correspondant aux ensembles de la famille (Φ).

On va voir que l'on peut obtenir pour ces fonctions des résultats sensiblement plus précis que ceux établis précédemment pour les fonctions correspondant aux ensembles ayant la propriété (P), et aussi des résultats que l'on n'avait pas pour ces dernières.

Comme l'ensemble de tous les nombres premiers appartient à (Φ), les fonctions ω_E et Ω_E correspondantes, que nous désignons simplement par ω et Ω, appartiennent à $(\mathcal{F})$.

1. Pour étudier la distribution des valeurs d'une fonction f de la famille $(\mathcal{F})$ lorsque n parcourt un ensemble A d'entiers positifs, notre méthode consiste maintenant à évaluer d'abord la somme

$$P_x(z) = \sum_{\substack{n \leq x \\ n \in A}} z^{f(n)},$$

où z est une variable complexe (somme qui est un polynome en z).

A est soit l'ensemble de tous les entiers positifs, soit l'ensemble des entiers positifs « quadratfrei », soit, lorsque f est l'une des fonctions ω et Ω, l'ensemble des entiers positifs appartenant à une progression arithmétique donnée, ou même l'ensemble des entiers positifs « quadratfrei » et appartenant à une progression arithmétique donnée.

Dans tous les cas, on obtient, pour x tendant vers $+\infty$, une formule de la forme

$$(1) \qquad P_x(z) = xF(z)(\log x)^{\alpha(z-1)} + O[x(\log x)^{\alpha \mathcal{R} z - \alpha - 1}],$$

où α est la densité par rapport à l'ensemble de tous les nombres premiers de l'ensemble E à partir duquel est définie la fonction f [2].

Lorsque f est une fonction ω_E, ou bien A est un ensemble de nombres « quadratfrei », F est une fonction entière et la formule est valable quel que soit z, et uniformément pour $|z| \leq R$ pour tout R positif.

Lorsque f est une fonction Ω_E et A l'ensemble de tous les entiers positifs, F est une fonction méromorphe ayant pour pôles les nombres de E, et lorsque f est la fonction Ω et A l'ensemble des entiers positifs n satisfaisant à $n \equiv l \pmod{k}$, F est une fonction méromorphe ayant pour pôles les nombres premiers qui ne divisent pas $k/(k, l)$. Dans les deux cas, si p_0 est le plus petit pôle de F, la formule (1) est valable pour $|z| < p_0$, et uniformément pour $|z| \leq R$ pour tout $R < p_0$.

2 [3]. q étant un entier > 1 et r un entier quelconque, le nombre des entiers positifs n au plus égaux à x, appartenant à A et tels que l'on ait $f(n) \equiv r \pmod{q}$, est égal à

$$\frac{1}{q}\sum_{j=0}^{q-1} \gamma^{-jr} P_x(\gamma^j), \qquad \text{où} \quad \gamma = e^{\frac{2\pi i}{q}}.$$

En évaluant à l'aide de la formule (1) les termes de la somme correspondant à $j > 0$ et directement le terme correspondant à $j = 0$, qui est simplement le nombre des nombres de A au plus égaux à x, on obtient, si $q > 2$, une expression de la forme

$$\frac{d}{q}x + \frac{2\rho}{q}x(\log x)^{-2\alpha\sin^2\frac{\pi}{q}}\left\{\cos\left[\theta - \frac{2\pi r}{q} + \alpha(\log\log x)\sin\frac{2\pi}{q}\right] + o[1]\right\},$$

où d est la densité de l'ensemble A et $\rho e^{i\theta} = F(\gamma)$.

Si $q = 2$, on trouve

$$\frac{d}{2}x + \frac{(-1)^r}{2}F(-1)x(\log x)^{-2\alpha} + O[x(\log x)^{-2\alpha-1}].$$

D'ailleurs $F(-1) = 0$ si $\alpha = 1/2$ ou 1.

3 [4]. Le nombre $N_m(x)$ des n au plus égaux à x, appartenant à A et tels que $f(n) = m$, est égal à

$$\frac{1}{2\pi i}\int_\Gamma \frac{P_x(z)}{z^{m+1}}\,dz,$$

où Γ est une circonférence arbitraire centrée à l'origine.

On voit ainsi que, pour m fixé ≥ 0, on a quand x tend vers $+\infty$,

$$N_m(x) = \frac{x}{(\log x)^\alpha}\sum_{j=0}^{m}\frac{\alpha^{m-j}c_j}{(m-j)!}(\log\log x)^{m-j} + O\left[\frac{x(\log\log x)^m}{(\log x)^{\alpha+1}}\right],$$

où $\sum_{j=0}^{+\infty} c_j z^j$ est le développement de $F(z)$ au voisinage de l'origine.

On a d'ailleurs $c_0 = 0$ si $\alpha = 1$.

m n'étant plus fixé, on peut dire aussi que l'on a

$$\mathrm{N}_m(x)=\begin{cases}\left\{\mathrm{F}\left(\dfrac{m}{\alpha\log\log x}\right)+\mathrm{O}\left[\dfrac{m}{(\log\log x)^2}\right]\right\}\alpha^m\dfrac{x(\log\log x)^m}{m!\,(\log x)^\alpha} & \text{si}\quad \alpha<1,\\[2ex] \left\{\mathrm{F}_1\left(\dfrac{m-1}{\log\log x}\right)+\mathrm{O}\left[\dfrac{m}{(\log\log x)^2}\right]\right\}\dfrac{x(\log\log x)^{m-1}}{(m-1)!\,\log x} & \text{si}\quad \alpha=1,\end{cases}$$

avec $\mathrm{F}_1(z)=\mathrm{F}(z)/z$, uniformément pour $1\leq m\leq\lambda\log\log x$, pour tout $\lambda>0$ dans le cas où F est une fonction entière, pour tout $\lambda<\alpha p_0$ dans celui où F est une fonction méromorphe.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

(1) *Ann. Scient. Éc. Norm. Sup.*, (3), **73**, 1955, p. 15-74, chap. 5, et *Colloque sur la théorie des nombres*, Bruxelles, 19, 20 et 21 décembre 1955, p. 147-161.

(2) Nous entendons par là la limite pour x infini de la proportion de nombres appartenant à E parmi les nombres premiers au plus égaux à x.

(3) Cette question a été étudiée récemment par A. W. Addison dans le cas particulier où f est ω ou Ω et A est l'ensemble de tous les entiers positifs ou l'ensemble des entiers positifs « quadratfrei » (*Proc. Amer. Math. Soc.*, **8**, 1957, p. 151-154).

(4) Le cas particulier de ce qui suit correspondant à $f=\omega$ ou Ω et A égal à l'ensemble de tous les entiers positifs ou à l'ensemble des entiers positifs « quadratfrei », a déjà été traité, par la même méthode, par A. Selberg (Note on a paper by L. G. Sathe, *J. Ind. Math. Soc.*, **18**, 1954, p. 83-87).

ALGÈBRE. — *Sur certains ensembles à loi de composition aléatoire.* Note (*) de M. **Georges Gourevitch**, transmise par M. Georges Darmois.

Soit E_n un ensemble de n éléments $a_1, a_2, \ldots, a_n$ pour lequel on définit une loi aléatoire de composition de la façon suivante :

A chaque couple $a_i a_j$ d'éléments de E_n correspond chacun des éléments a_k de E_n avec une probabilité p_{ij}^k

$$(1)\qquad \sum_k p_{ij}^k=1 \qquad (k=1, 2, 3, \ldots, n),$$

$$0\leq p_{ij}^k\leq 1.$$

A un groupement de s éléments $a_{i_1}, a_{i_2}, \ldots, a_{i_s}$ pris dans cet ordre, correspond chacun des éléments a_k avec une probabilité

$$p_{i_1 i_2}^{k_1},\quad p_{k_1 i_3}^{k_2},\quad \ldots,\quad p_{k_{s-2} i_s}^{k},$$

notation tensorielle : la répétition d'un indice indique la sommation par rapport à cet indice ($k_1, k_2, \ldots, k_{s-2}=1, 2, 3, \ldots, n$).

On vérifie que

$$(2)\qquad \sum_k p_{i_1 i_2}^{k_1} p_{k_1 i_3}^{k_2}\ldots p_{k_{s-2} i_s}^{k}=1.$$

E_n n'est pas un groupoïde, mais il est sous-ensemble d'un ensemble $\mathcal{E}$ d'éléments $\mathcal{A}$ dont chacun est défini par une suite $(\Pi^1_{\mathcal{A}}, \Pi^2_{\mathcal{A}}, \ldots, \Pi^n_{\mathcal{A}})$ où Les Π sont des nombres vérifiant les inégalités

$$0 \leq \Pi^k_{\mathcal{A}} \leq 1,$$

$$\sum_k \Pi^k_{\mathcal{A}} = 1. \tag{3}$$

L'ensemble $\mathcal{E}$ devient un groupoïde quand on y définit une loi de composition interne telle que

$$\mathcal{A}.\mathcal{B} = \mathcal{C}, \tag{4}$$

où $\mathcal{C}$ est défini par la suite $(\Pi^s_{\mathcal{A}}\Pi^t_{\mathcal{B}}p^1_{st}, \Pi^s_{\mathcal{A}}\Pi^t_{\mathcal{B}}p^2_{st} \ldots)$ $(s, t = 1, 2, \ldots, n)$, $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$, $\mathcal{C} \in \mathcal{E}$.

On vérifie que

$$\sum_k \Pi^s_{\mathcal{A}}\Pi^t_{\mathcal{B}}p^k_{st} = 1, \tag{5}$$

il est à noter que l'élément a_i de E_n est défini par la suite $\left(0, 0 \ldots \overbrace{1}^{i^{\text{ième}}\text{ rang}}, \ldots 0\, 0\right)$.

L'associativité dans $\mathcal{E}$ (donc dans E_n) est assurée moyennant les conditions fondamentales :

$$p^k_{i_1 i_2}p^l_{k i_3} = p^k_{i_2 i_3}p^l_{i_1 k} \qquad (k = 1, 2, \ldots, n). \tag{6}$$

Ces conditions ne sont pas indépendantes. Il serait intéressant de chercher le nombre de conditions minimum.

A l'élément a_i de E_n faisons correspondre la matrice P_{a_i} d'éléments p^k_{ij} ($j^{\text{ième}}$ ligne, $k^{\text{ième}}$ colonne) ainsi qu'une matrice $P^*_{a_i}$ d'éléments p^k_{ji}.

Les conditions (6) s'écrivent alors

$$P_{a_i}P^*_{a_j} = P^*_{a_j}P_{a_i}. \tag{7}$$

Ainsi la condition d'associativité dans un ensemble E_n se réduit à une condition de commutativité entre les matrices de deux systèmes conjugués.

En généralisant, à un élément $\mathcal{A}$ de $\mathcal{E}$ on peut de même faire correspondre la matrice

$$\Pi^i_{\mathcal{A}}P_{a_i} \qquad (i = 1, 2, 3, \ldots, n)$$

(toujours avec la notation tensorielle).

La matrice de l'élément $\mathcal{A}.\mathcal{B}$ sera alors $\Pi^i_{\mathcal{A}\mathcal{B}}P_{a_i}$ d'éléments :

$$\Pi^k_{\mathcal{A}}\Pi^l_{\mathcal{B}}p^i_{kl}p^t_{is} \quad (s^{\text{ième}} \text{ ligne, } t^{\text{ième}} \text{ colonne}) \qquad (k, l, i = 1, 2, 3, \ldots, n).$$

Il est facile de voir que si les conditions (6) sont vérifiées on a

$$\Pi^i_{\mathcal{A}\mathcal{B}}P_{a_i} = (\Pi^l_{\mathcal{B}}P_{a_l})(\Pi^k_{\mathcal{A}}P_{a_k}). \tag{8}$$

En particulier, à l'élément a_ia_j de E_n correspond la matrice $P_{a_j}P_{a_i}$.

Une correspondance analogue existe évidemment pour les matrices $P^*_{a_i}$.

En général c'est un isomorphisme. Mais, dans des conditions assez strictes d'ailleurs, on peut avoir un homomorphisme. Une telle circonstance se produit si le système

$$(9)\qquad x^i p^t_{is} = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, n) \qquad \text{pour} \quad s, t = 1, 2, \ldots, n$$

a des solutions différentes de zéro. Ces solutions, en outre doivent être comprises entre 0 et 1.

Même quand il y a homomorphisme, pour le groupoïde $\mathcal{E}$ l'isomorphisme peut être réalisé pour des sous-groupoïdes particuliers.

Passons en revue les diverses propriétés classiques des groupoïdes et essayons de trouver les conditions qui les expriment pour $\mathcal{E}$. Nous supposerons que les égalités (6) sont vérifiées. $\mathcal{E}$ est alors un demi-groupe.

Pour que $\mathcal{E}$ et par suite E_n soit commutatif il faut et il suffit que

$$(10)\qquad P_{a_i} = P^*_{a_i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

S'il n'y a pas associativité, cette condition n'est pas suffisante. La condition de commutativité des matrices P_{a_i} est nécessaire pour que E_n soit commutatif. Elle n'est pas suffisante s'il existe un homomorphisme.

Pour que la règle de simplication s'applique dans $\mathcal{E}$ il faut et il suffit que quel que soit $\mathcal{A}$ dans $\mathcal{E}$ et A_s dans E_n

$$(11)\qquad \Pi^s_{\mathcal{A}}\, |P_{a_s}| \neq 0 \qquad (s = 1, 2, \ldots, n),$$

$|P_{a_s}|$ étant le déterminant de la matrice P_{a_s}.

Dans le même ordre d'idées, pour qu'un élément $\mathcal{A}$ de $\mathcal{E}$ soit unité à gauche dans $\mathcal{E}$ il faut et il suffit que

$$(12)\qquad \Pi^s_{\mathcal{A}} P_{a_s} = 1 \qquad (s = 1, 2, \ldots, n).$$

La nécessité de cette condition disparaît pour certains sous-ensembles de $\mathcal{E}$.

L'étude complète d'un groupoïde $\mathcal{E}$ pour $n = 2$ a été effectuée. Si c'est un demi-groupe, il est alors abélien. Il n'existe pas d'élément d'unité dans le cas général. Il existe un élément et un seul pour lequel la règle de simplification ne s'applique pas.

Pour n quelconque, si la loi de composition aléatoire se réduit à une loi de composition interne d'un groupoïde, les matrices P_{a_i} ont tous leurs éléments nuls sauf un par ligne égal à 1. Quand, de plus, un seul élément par colonne est égal à un, ces matrices se réduisent à des substitutions. Les conditions (6) sont équivalentes aux conditions de commutativité de n substitutions de n lettres rangées les unes au-dessous des autres avec n autres substitutions formées avec les termes des précédentes situées dans une même colonne.

Signalons que les matrices $P^*_{a_i}$ peuvent être exprimées en fonction des matrices P_{a_i}. Soit, en effet M^{si} une matrice dont tous les éléments sont nuls sauf celui de $s^{\text{ième}}$ ligne et de la $i^{\text{ème}}$ colonne qui est égal à 1. On a

$$P^*_{a_i} = M^{si} P_{a_s} \qquad (s = 1, 2, \ldots, n). \tag{13}$$

(*) Séance du 29 juillet 1957.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le théorème du prolongement de Whitney.* Note (*) de M. **Georges Glaeser**, transmise par M. Jacques Hadamard.

Renforcements de divers théorèmes de Whitney. Quelques applications.

1. Notations. — K désigne un pavé compact de R^n. La distance euclidienne des points A et B est notée $\|AB\|$.

Un *module de continuité* $\alpha(x)$ est une fonction numérique définie sur la demi-droite réelle $x \geq 0$, nulle pour $x = 0$, continue, croissante et *concave*.

Un *champ taylorien* d'ordre m défini sur le compact $F \subset K$ est une application de F dans l'espace des polynomes à m indéterminées, et de degré m au plus.

A toute fonction f m fois continûment dérivable, définie sur K ($f \in \mathcal{D}^m(K)$) on peut attacher le champ taylorien $A \to T_A f$, défini sur K, où $T_A f$ est le polynome de Taylor de la fonction f au point A. La fonction-polynome $M \to T_A f(M)$ est évidemment définie pour $M \in R^n$.

Un tel champ taylorien satisfait en outre à une inégalité

$$|f(M) - T_A f(M)| \leq \|AM\|^n \alpha(\|AM\|),$$

où α est un module de continuité (qui dépend de f). Réciproquement

Proposition I. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'un champ taylorien d'ordre m :* $A \to P_A$, *défini sur* K, *soit le champ des polynomes de Taylor d'une fonction f, m fois continûment dérivable sur* K, *est qu'il existe un module de continuité* α *tel que l'une des deux inégalités suivantes soit vérifiée :*

1° $|P_M(M) - P_A(M)| \leq \|AM\|^m \alpha(\|AM\|)$ *quels que soient* A *et* $M \in K$;
2° $|P_A(M) - P_B(M)| \leq (\|AB\| + \|AM\|)^m \alpha(\|AB\|)$ *quels que soient* A *et* $B \in K$, *et* $M \in R^n$.

Supposons maintenant que $T_A f$ ne soit défini que pour $A \in F$ (F ensemble compact contenu dans K). Le théorème du prolongement de H. Whitney [1] peut être présenté sous la forme suivante :

Théorème I. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe une fonction* $\hat{f} \in \mathcal{D}^m(K)$, *dont les polynomes de Taylor s'identifient pour chaque* $A \in F$ *aux polynomes d'un champ taylorien d'ordre m,* $A \to P_A$ *donné, est qu'il existe un module de continuité* α *tel que*

$$|P_A(M) - P_B(M)| \leq \{\|AB\| + \|AM\|\}^m \alpha(\|AB\|), \tag{W}$$

quels que soient A *et* $B \in F$, *et* $M \in R^n$.

Définition. — Étant donné un point $A \in F \subset K$, et un champ taylorien $M \to P_M$ défini sur F, on désigne par $\| P \|_A^m$ le maximum des modules des valeurs en A de P_A et de ses dérivées partielles d'ordre $\leq m$.

On pose

$$\| P \|_F^m = \operatorname{Max} \| P \|_A^m \quad \text{pour} \quad A \in F.$$

Théorème II. — *Il existe trois constantes Γ_1, Γ_2 et Γ_3 ne dépendant que de n, m et du diamètre d de K, telles que tout champ taylorien $M \to P_M$ défini sur F et satisfaisant à la condition (W) admette un prolongement $f \in \mathcal{D}^m(K)$ satisfaisant aux inégalités*

$$\| f \|_K^m \leq \Gamma_1 \| P \|_F^m + \Gamma_2 \alpha(d),$$
$$| T_A f(M) - T_B | f(M) | \leq \{ \| AB \| + \| AM \| \}^m \Gamma_3 \alpha(\| AB \|) \qquad (A \text{ et } B \in K, \text{ et } M \in R^n).$$

Comme ces constantes ne dépendent pas de la forme de F, ce résultat est différent d'un théorème de H. Whitney (²), où des conditions de régularités sont imposées à F.

2. Algèbre de Whitney. — Désignant par $J^m(F)$ l'idéal fermé de $\mathcal{D}^m(K)$, formé des fonctions qui s'annulent sur F, ainsi que leurs dérivées d'ordre $\leq m$, on appellera *algèbre de Whitney* $W^m(F)$ le quotient $\mathcal{D}^m(K)/J^m(F)$.

On peut identifier cette algèbre, à l'ensemble des champs tayloriens définis sur F, et satisfaisant à (W).

Proposition II. — *L'algèbre $W^m(F)$ est une algèbre de Banach pour la norme :*

$$\||P\||_F^m = \| P \|_F^m + \operatorname{Sup} \frac{| P_A(M) - P_B(M) |}{\{ \| AB \| + \| AM \| \}^m},$$

où $M \in R^n$, et $A \neq B$ appartiennent à F.

On déduit de la proposition II, la

Proposition III. — *Toute distribution d'ordre $\leq m$, dont le support est contenu dans* F *est limite faible* [*au sens de* $(D^m(K))'$] *d'une* suite *de distributions à support fini et contenu dans* F.

Une algèbre de Whitney est dite *de type* C^m, lorsque les normes $\| \; \|_F^m$ et $\||\; \||_F^m$ sont équivalentes.

Proposition IV. — *Si $W^m(F)$ est de type C^m, F n'a qu'un nombre fini de composantes connexes. La condition nécessaire et suffisante pour que l'algèbre $W^1(F)$ soit de type C^1, est que F soit réunion d'un nombre fini d'ensembles disjoints réguliers au sens de Whitney* (³).

Proposition V. — *Une condition nécessaire et suffisante pour que $W^m(F)$ soit de type C^m, est que les parties relativement compactes de $W^m(F)$ soient identiques aux parties bornées $\mathcal{B}$ pour la norme $\| \; \|_F^m$, telles que les dérivées partielles d'ordre total m des éléments de $\mathcal{B}$ soient équicontinues.*

Proposition VI. — *Une condition nécessaire et suffisante pour qu'une algèbre $W^m(F)$ soit du type C^m est que chacune des applications, qui à un élément*

de $W^m(F)$ *fait correspondre une de ses dérivées partielles d'ordre total m, soit un homomorphisme dans l'espace des fonctions continues définies sur* F.

3. APPLICATION A LA CONSTRUCTION DE CERTAINES FONCTIONS. — *Définition.* — Un champ taylorien défini sur F est *de type* (λ, m), s'il appartient à $W^m(F)$ et si, en chaque point $A \in F$, le polynome P_A s'annule ainsi que ses dérivées partielles d'ordre total $\leq \lambda - 1$.

PROPOSITION VII. — *Soient* P *et* Q *deux champs tayloriens respectivement de type* (λ, m) *et* (λ', m'). *On construit un champ taylorien* R *de type* $(\lambda + \lambda', m'')$ *où* $m'' = \text{Min}(m + \lambda', m' + \lambda)$ *de la façon suivante :* R_A *s'obtient à partir du produit* $P_A . Q_A$ *par suppression de tous les termes de degré* $\geq m''$.

PROPOSITION VIII. — *Soit* θ *un homéomorphisme* μ *fois continûment dérivable de* K *sur un pavé compact* K_1. *Soit* $F \subset K$ *et* $F_1 = \theta(F)$. *Soit enfin* $M_1 \rightarrow P_{M_1}$ *un champ taylorien de type* (λ, m) *défini sur* F_1. *Il existe alors un prolongement f de* P *à* K_1, *tel que la fonction composée* $f \circ \theta$ *induise sur* F *un champ taylorien de type* (λ, m), *pourvu que* $\mu + \lambda - 1 \geq m$.

(*) Séance du 17 juillet 1957.

(1) *Trans. Amer. Math. Soc.*, **36**, n° 1, janvier 1934, p. 63-89.

(2) *Bull. Amer. Math. Soc.*, **50**, n° 2, février 1944. p. 78-81.

(3) Un ensemble F est *régulier* au sens de Whitney, s'il existe une constante λ, telle que deux points quelconques A et B de F puissent être joints par une courbe rectifiable de longueur inférieure à $\lambda \| AB \|$.

(16, *rue Jeanne-d'Arc, Nancy, Meurthe-et-Moselle.*)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la minoration des valeurs absolues des zéros des séries de Taylor.* Note de M. **SPIROS ZERVOS**, présentée par M. Paul Montel.

Suite d'une Note précédente (1) (que nous désignerons désormais par n.1). Applications de la méthode exposée dans n.1. Généralisations. Généralité propre (structurale) des résultats obtenus.

Rectifications et remarques à n.1 : 1° On suppose dans H que $f(y_j)$ est à valeurs dans la droite numérique achevée et que $f(\varphi_j(\mu))$, $f(\varphi_j(M))$, $f(\varphi_j(M'_j))$ sont finis ; 2° Si, dans le lemme 2, etc. on a $t \neq 1$, on supposera que $]a, b[\subset R_+$; 3° on n'a pas besoin de l'axiome du choix pour la démonstration de la partie du lemme 2 que le lemme 3 utilise ; 4° Les minorantes de la fonction ρ' auxquelles on fait allusion *après* le lemme 3 sont des restrictions des minorantes de ρ' citées dans le lemme 3 ; l'ensemble de définition ΠA_ν, $|a_\nu| \in A_\nu$, de chacune d'elles est déterminé par la condition que le nombre ρ existe pour chaque $(|a_\nu|) \in \Pi A_\nu$ et que les bornes supérieures, sommes, etc. qui entrent soit dans l'expression de cette minorante, soit dans la démonstration prennent des valeurs finies pour ces $(|a_\nu|)$. Par la suite, nous énonçons les résultats pour le *nombre* ρ

et ses minorants; leur interprétation en termes de fonctions minorantes de la fonction ρ sera immédiate. On conserve la terminologie et les notations de n. 1; nous désignerons la présente Note par n. 2.

4. Applications. — I. On suppose toujours que $s(y)$ a un zéro positif ρ. Si $\tau(y)$ est une fonction continue, strictement croissante $[0, \rho] \to R_+$, nulle pour 0, et satisfaisant à $\sum_{1}^{\infty} |a_\nu| y^\nu \leqq \tau(y)$ sur $[0, \rho]$, $|a_0| - \tau(y)$ aura un unique zéro positif ρ_τ, et $\rho_\tau \leqq \rho$; tout minorant de ρ_τ est donc minorant de ρ. Ce fait simple est à la base de plusieurs démonstrations classiques, qui reviennent essentiellement à utiliser des fonctions $\tau(y)$ obtenues à partir de $\sum |a_\nu| y^\nu$ par des inégalités usuelles; procédons d'une manière analogue pour appliquer la méthode du n° 1. Hypothèse : $\sum |a_\nu|^\lambda$ converge pour $\lambda = k_0 > 1$. Alors, pour tout $k \geqq k_0$ et pour tout $k' = 1 + (k-1)^{-1}$, $0 < y < \min\{1, r\}$, $0 \leqq \theta < 1$, on a

$$\sum |a_\nu| y^\nu = \sum (|a_\nu| y^{\theta\nu}) y^{(1-\theta)\nu} \leqq \left(\sum |a_\nu|^k y^{\theta k\nu}\right)^{\frac{1}{k}} \left(\sum y^{(1-\theta)k'\nu}\right)^{\frac{1}{k'}}$$
$$= F(y)[1 - y^{(1-\theta)k'}]^{-1} y^{1-\theta} = \tau(y) \qquad \text{(notations évidentes)}.$$

$|a_0| = \tau(y)$ a la même racine positive que $|a_0|^{k'} = \tau(y)^{k'}$, donc que $y^{\theta-1} = [1 + F(y)^{k'}]^{1/k'}$; à la transformée de cette équation en y^{-1} s'applique la proposition 2 avec $M_\nu > 1$; d'où

$$\rho^{-1} \leqq \max\left\{M, \left[1 + \left(\sum \left|\frac{a_\nu}{a_0}\right|^k M_\nu^{-\theta k\nu}\right)^{\frac{k'}{k}}\right]^{\frac{1}{(1-\theta)k'}}\right\}.$$

Le choix particulier $\theta = 0$, $M_\nu = \left[1 + \left(\sum |a_\nu/a_0|^k\right)^{k'/k}\right]^{1/k'}$ donne le théorème de Kuniyeda-Montel-Tôya (²), (³). II. $\Pi(z) = z^n + a_1 z^{n-1} + \ldots + a_n$; $z_1, \ldots, z_n$ les zéros de $\Pi(z)$; $|z_\mu| \leqq |z_{\mu+1}|$, $\mu = 1, \ldots, n-1$. Montel (⁴) a utilisé la relation fondamentale :

$$\text{(II)} \qquad |z_p \ldots z_n| \leqq |a_{n-p+1}| + C_{n-p+1}^1 |a_{n-p+2}| . |z_p|^{-1} + \ldots + C_{n-1}^{p-1} |a_n| . |z_p|^{1-p}$$

pour obtenir de majorants de $|z_p|$; (II) donne aussi :

$$|z_p| \leqq \max\left\{M, (|a_{n-p+1}| + C_{n-p+1}^1 |a_{n-p+2}| M_1^{-1} + \ldots + C_{n-1}^{p-1} |a_n| M_{p-1}^{1-p})^{\frac{1}{n-p+1}}\right\};$$

résultat analogue si l'on suppose en plus que $|z_{p+1}| \geqq M'$.

Remarque. — Pour $1 \leqq \lambda \leqq p-1$, $n \geqq p$ et $p \geqq 2$, on a

$$C_{n-p+\lambda}^{\lambda} < (n-1)^{p-1} < p^{(n-p+1)(p-1)}$$

(dém. : $x - 1 - p^{x-p+1}$ est strictement décroissante en x dans $[p, +\infty]$ pour $p \geqq 2$). (II) donne alors : $|z_p| \leqq \max\{1, p^{p-1}, p^{p-1}(|a_{n-p+1}| + \ldots + |a_n|)\}$ (III);

(III) et $|z_1| \leq \max\{1, |a_n|\}$ forment une démonstration simple du fait qualitatif que les valeurs absolues des p zéros au moins de $\mathrm{H}(z)$ sont bornées supérieurement par un nombre indépendant des coefficients a_ν, $1 \leq \nu \leq n-p$, *et de* n.

5. Généralisation de la méthode du n. 1. — Lemme 2.b. — *Si : 1° les hypothèses* H *sont vérifiées; 2° u est une variable sur* $\mathrm{E} \subset \mathrm{R}_+$ *et* $u_0 \in \mathrm{E}$; 3° $t > 0$, $x_0 \in]a, b[\subset \mathrm{R}_+$; 4° $\alpha(u, x) = u^t - f(\varphi_j(x))$, *on aura soit que* $x_0 \leq \mathrm{M}$, *soit que* $u_0 < [\alpha(u_0, x_0) + f(\varphi_j(\mathrm{M}_j))]^{1/t}$. On peut appliquer ce lemme à des fonctions réelles $u(z)$, $x(z)$ d'une même variable z, non nécessairement réelle, en posant $u_0 = u(z_0)$, $x_0 = x(z_0)$; on obtient la

Proposition 2.b. — *Dans les hypothèses du lemme 2.b, tout* z_0 *tel que* $\alpha(u_0, x_0) \leq 0$ *vérifiera soit* $x_0 \leq \mathrm{M}$, *soit* $u_0 < [f(\varphi_j(\mathrm{M}_j))]^{1/t}$. Application évidente aux décompositions additives $\sigma(z) = \sum a_l z^l + \sum a_m z^m$ d'une série de Taylor; *exemples :* I. $|\sigma(z)| \geq |a_p||z|^p - \sum_{\nu \neq p} |a_\nu||z|^\nu = s_p(|z|)$; pour $p \neq 0$, $s_p(y)$ a soit 0, soit deux zéros positifs ρ_1, $\rho_2 \leq r$ (5); quand ρ_1, ρ_2 existent, $s_p(y) > 0$ dans $]\rho_1, \rho_2[$; donc alors $\rho_1 < |z| < \rho_2$ ne contient pas de zéro de $\sigma(z)$. Ceci généralise la partie négative du théorème de Pellet.

II.
$$|\sigma(z)| \geq |a_0 + a_1 z| - \sum_2^\infty |a_\nu||z|^\nu;$$

$\sigma(z_0) = 0$ implique, soit que $|z_0|^{-1} \leq \mathrm{M}$, soit que $|(1/z_0) + (a_1/a_0)| < \sum |a_\nu| \mathrm{M}_\nu^{1-\nu}$.

[Le résultat particulier obtenu pour $\mathrm{M}_\nu = 1$, et le fait que si $|a_p| > \sum_{\nu \neq p} |a_\nu|$, $|a_p| = \sup\{|a_\nu|\}$, donc $|z_0| \leq 1 + |a_p|$, généralisent un théorème de Parodi (7).]

6. Remarques. — I. Soit (λ_ν), $\nu \in \mathrm{N}^*$, une suite de nombres positifs tels que $\sum \lambda_\nu |a_\nu| y^\nu$ ait un rayon de convergence au moins égal à celui de $\sum |\alpha_\nu| y^\nu$. Les conditions sur y : $|a_0| \geq (1 + \lambda_1)|a_1| y$ et, pour tout ν, $\lambda_\nu |a_\nu| y^\nu \geq (1 + \lambda_{\nu+1}) |a_{\nu+1}| y^{\nu+1}$, additionnées donnent $s(y) \geq 0$, donc $y \leq \rho$; d'où, $\rho^{-1} \leq \sup\{(1 + \lambda_\nu)/\lambda_{\nu-1} |(a_\nu/a_{\nu-1})|\}$, où $\lambda_0 = 1$.

Le choix particulier $\lambda_\nu = 1$ donne le théorème de Kojima et sa démonstration.

II. Quand $\sigma(z) = z^n + a_{n-1} z^{n-1} + \ldots + a_0$ (cas où le lemme 3 a été démontré par Cauchy), on peut améliorer tout majorant connu Θ de la racine positive $\bar{\rho}$ de $y^n = |a_{n-1}| y^{n-1} + \ldots + |a_0|$ par la récurrence classique

$$y_\mu = \sqrt[n]{|a_0| + \ldots + |a_{n-1}| y_{\mu-1}^{n-1}},$$

où $y_1 \geq \bar{\rho}$ implique que (y_μ) soit une suite décroissante tendant vers $\bar{\rho}$; exemple : $\Theta = \max\{1, |a_0| + \ldots + |a_{n-1}|\}$ donne le majorant (connu) $\max\{|a_0| + \ldots + |a_{n-1}|, (|a_0| + \ldots + |a_{n-1}|)^{1/n}\}, \ldots$.

III. En choisissant les notations, *l'inégalité du lemme 3 est vraie dans tout anneau* A, *non nécessairement associatif, normé; il en est donc de même pour tous les résultats dans* 3.I, 4.I, 5.II, 6.I. Le théorème de Cauchy utilisé dans 6.II est vrai quand la norme est une valeur absolue. 4.II est vrai quand A est un corps comm. algébriquement fermé, muni d'une valeur absolue.

IV. Quand $A = C$, on possède le théorème de Ronché, qui donne la généralisation suivante du théorème de Pellet : *Si la série* $|a_p|y^p - \sum_{\nu/p,\, \nu = 0}^{\infty} |a_\nu| y^\nu$, $a_p \neq 0$, *a deux zéros positifs* ρ_1, $\rho_2 > \rho_1$, $\sum_0^{\infty} a_\nu z^\nu$ *a exactement* p *zéros dans* $|z| \leq \rho_1$, *et elle ne s'annule pas dans* $\rho_1 < |z| < \rho_2$. Ceci entraîne la généralisation immédiate du théorème fondamental de Lipka-Marden ([6]) sur les polynomes pour les séries de Taylor; corrolaires évidents.

([1]) *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 394.

([2]) La même inégalité de Hölder a permis à Markovitch d'obtenir d'autres résultats généraux (*loc. cit.*, 1948, p. 236).

([3]), ([4]), ([6]) Marden, *loc. cit.*, p. 97, 101, 110-115.

([5]) Laguerre, *Théorie des équations numériques*, p. 101.

([7]) Parodi, *Bull. Sc. Math.*, (2), 79, 1955, p. 101.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la solution à singularités données du problème de Dirichlet modifié*. Note (*) de M. **Caius Jacob**, transmise par M. Henri Villat.

On donne l'expression de la fonction harmonique, uniforme, à singularités données, qui prend, à des constantes près, des valeurs données sur les frontières et dont la conjuguée vérifie certaines conditions d'uniformité ou de multiformité.

1. En reprenant les notations de la Note précédente ([1]), soient $U_j(M)$ $(j = 1, 2, \ldots, p-1)$ les fonctions définies dans Ω, telles que : *a.* $U_j(M)$, continue dans $\Omega + C$, est harmonique et régulière dans Ω; *b.* $U_j(M)$ prend des valeurs constantes non assignées sur $C_1, \ldots, C_p$; *c.* les conjuguées harmoniques $V_j(M)$ admettent des périodes nulles autour des C_k $(k \neq j)$, la période 2π autour de C_j et -2π autour de C_p. On peut toujours supposer les $U_j(M)$ nuls sur C_p. On a

$$U_j(M) = \sum_{k=1}^{p-1} C_{jk} u_k(M), \qquad (j = 1, 2, \ldots, p-1), \tag{1}$$

où les C_{jk} sont des constantes; la matrice (C_{jk}) est symétrique.

Posant

$$g(M; P) = G(M; P) - \sum_{j=1}^{p-1} U_j(M)\, u_j(P), \tag{2}$$

on obtient la fonction de Green modifiée ([2]). On a les propriétés suivantes : 1° $g(M; P)$ est harmonique et régulière dans Ω, sauf au point P, où elle présente la même singularité logarithmique que $G(M; P)$; 2° $g(M; P) = g(P; M)$; 3° considérée comme fonction de M, $g(M; P)$ admet la conjuguée harmonique $h(M; P)$ qui a des périodes nulles autour de $C_1, \ldots, C_{p-1}$ et dont la période autour de C_p est 2π.

2. Le développement en série de $g(M; P)$ au voisinage du point à l'infini est analogue à celui de $G(M; P)$, déjà considéré dans la Note citée, les coefficients $a_0(P)$, $a_n(P)$, $b_n(P)$ étant remplacés par $A_0(P)$, $A_n(P)$, $B_n(P)$.

On peut démontrer les propriétés suivantes : 1° $A_0(P)$, $A_n(P)$, $B_n(P)$ sont des fonctions harmoniques régulières dans Ω, sauf à l'infini; où elles ont un comportement analogue à $a_0(P)$, $a_n(P)$, $b_n(P)$; 2° elles prennent respectivement des valeurs constantes $\lambda_0^{(k)}$, $\lambda_n^{(k)}$, $\mu_n^{(k)}$ sur les $C_k (k = 1, 2, \ldots, p-1)$ et sont nulles sur C_p; 3° $A_0^*(P)$, conjuguée harmonique de $A_0(P)$, admet des périodes nulles autour des $C_k (k = 1, 2, \ldots, p-1)$ et une période égale à 2π autour de C_p; 4° les fonctions $A_n^*(P)$ et $B_n^*(P)$ conjuguées harmoniques de $A_n(P)$ et $B_n(P)$, sont uniformes; 5° si $N_0(P) + iN_0^*(P) = \sum_{n=1}^{\infty} (\alpha_n - i\beta_n) z^n$ est une fonction entière, les séries $\sum_{n=1}^{\infty} n\alpha_n \lambda_n^{(k)}$, $\sum_{n=1}^{\infty} n\beta_n \mu_n^{(k)}$ convergent; 6° posant

$$w(P) = \sum_{n=1}^{\infty} n[\alpha_n A_n(P) + \beta_n B_n(P)], \tag{3}$$

cette série converge uniformément dans tout $D \subset \Omega$, situé entièrement à distance finie et représente une fonction harmonique régulière dans Ω, sauf à l'infini, où la différence $w(P) - N_0(P)$ est régulière.

3. Soient de même $A_{ns}(P) - iB_{ns}(P)$ les coefficients du développement de $\gamma(M; P) = g(M; P) + ih(M; P)$ au voisinage du point $M = P_s$. Posons

$$u_n(P; P_s) = n[\gamma_{ns} A_{ns}(P) + \delta_{ns} B_{ns}(P)]. \tag{4}$$

On a les propriétés suivantes : 1° $u_n(P; P_s)$ est harmonique et régulière dans Ω, sauf au point P_s, où elle se comporte comme $U_n(P; P_s)$; 2° $u_n(P; P_s)$ prend les valeurs constantes $c_{nk}^{(s)}$ sur $C_k (k = 1, 2, \ldots, p-1)$ et zéro sur C_p; 3° sa conjuguée harmonique est uniforme dans Ω; 4° posant

$$F_k(z) = U_k(M) + i V_k(M),$$

on a

$$c_{nk}^{(s)} = -\operatorname{Re}\left\{ \frac{1}{2\pi i} \int_{C'} \frac{\gamma_{ns} + i\delta_{ns}}{(\zeta - z_s)^n} \frac{dF_k}{d\zeta} d\zeta \right\},$$

le contour $C' \subset \Omega$, aussi voisin qu'on veut de C, contenant P_s à l'intérieur, de

sorte que, si $\sum_{n=1}^{\infty}(\gamma_{ns}+i\delta_{ns})(z-z_s)^{-n}$ est une fonction entière en $(z-z_s)^{-1}$, la série $\sum_{n=1}^{\infty} c_{nk}^{(s)}$ converge; 5° la série $w_s(\mathrm{P})=\sum_{n=1}^{\infty} u_n(\mathrm{P}\,;\,\mathrm{P}_s)$ converge uniformément dans tout domaine $\mathrm{D}\subset\Omega-\mathrm{P}_s$ et définit une fonction harmonique régulière dans Ω, sauf au point P_s, où elle admet la même singularité que

$$\mathrm{N}_s(\mathrm{P})=\mathrm{Re}\left\{\sum_{n=1}^{\infty}(\gamma_{ns}+i\delta_{ns})(z-z_s)^{n}\right\};$$

6° $w_s(\mathrm{P})$ prend des valeurs constantes sur les $\mathrm{C}_k(k=1, 2, \ldots, p-1)$ et elle est nulle sur C_p; 7° la conjuguée harmonique de $w_s(\mathrm{P})$ est uniforme dans Ω.

4. Posons, $\Phi(\mathrm{Q})$ étant donné et continu sur C,

$$(5)\qquad u_0(\mathrm{P})=\frac{1}{2\pi}\int_{\mathrm{C}}\Phi(\mathrm{Q})\frac{d}{dn_{\mathrm{Q}}}g(\mathrm{Q}\,;\,\mathrm{P})\,ds_{\mathrm{Q}}.$$

La fonction $u_0(\mathrm{P})$, harmonique et régulière dans Ω, prend, à des constantes près, les valeurs $\Phi(\mathrm{Q})$ sur C, tandis que sa conjuguée est uniforme. Par conséquent, la fonction

$$(6)\qquad u(\mathrm{P})=u_0(\mathrm{P})+a\mathrm{A}_0(\mathrm{P})+\sum_{n=1}^{\infty}n[\alpha_n\mathrm{A}_n(\mathrm{P})+\beta_n\mathrm{B}_n(\mathrm{P})]$$
$$-\sum_{s=1}^{r}a_s g(\mathrm{P}\,;\,\mathrm{P}_s)+\sum_{s=1}^{r}w_s(\mathrm{P})+\frac{1}{2\pi}\sum_{j=1}^{p-1}\omega_j\mathrm{U}_j(\mathrm{P})$$

représente la solution du problème de Dirichlet modifié, c'est-à-dire vérifie les conditions suivantes: 1° $u(\mathrm{P})$ est harmonique et régulière dans Ω sauf pour $z=\infty$ et $z=z_s$ $(s=1, 2, \ldots, r)$ et prend, à des constantes près, des valeurs données sur C; 2° les différences $u(\mathrm{P})-a\log r-\mathrm{N}_0(\mathrm{P})$, $u(\mathrm{P})-a_s\log|z-z_s|-\mathrm{N}_s(\mathrm{P})$ sont régulières pour $z=\infty$, ou bien pour $z=z_s$ $(s=1, 2, \ldots, r)$; 3° les périodes de la conjuguée harmonique de $u(\mathrm{P})$ sont données et égales à ω_k autour de C_k $(k=1, 2, \ldots, p)$, pourvu qu'on ait entre elles la relation

$$(7)\qquad 2\pi\sum_{s=1}^{r}a_s+\sum_{j=1}^{p}\omega_j=2\pi a,$$

exigée par la régularité de la fonction cherchée à l'infini. Pour $u_0(\mathrm{P})=0$, la formule (6) exprime, uniquement au moyen des mesures harmoniques des contours C_j et des coefficients du développement en série de $g(\mathrm{M}\,;\,\mathrm{P})$ au voisinage des points singuliers $z=\infty$ et $z=z_s$ $(s=1, 2, \ldots, r)$, la solution du problème général d'hydrodynamique concernant l'écoulement incompressible et irrotationnel dans Ω, limité par des parois solides fixes imperméables

C_j ($j = 1, 2, \ldots, p$) en présence de singularités tourbillonnaires, polaires ou essentielles du potentiel complexe aux points considérés.

Le développement de cette Note sera publié ailleurs.

(*) Séance du 17 juillet 1957.

([1]) *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 483.

([2]) *J. Math. pures et appl.*, 9e série, 18, 1939, p. 365.

ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES. — *Sur les systèmes d'équations différentielles ayant des surfaces de discontinuité.* Note (*) de MM. **Johannes André** et **Peter Seibert**, présentée par M. Paul Montel.

Généralisation de quelques résultats publiés antérieurement. Étude des équations différentielles analytiques par morceaux qui sont liées à la théorie des servomécanismes (contrôles automatiques).

1. Dans deux Notes récentes ([1]), nous avons considéré l'équation différentielle vectorielle ([2])

$$\dot{\mathbf{x}} = D\mathbf{x} + R \operatorname{sgn} S\mathbf{x} \tag{1.1}$$

($\mathbf{x}$, vecteur à n dimensions; D, R, S, resp. $[n, n]$-, $[n, m]$-, $[m, n]$-matrices) qui a des applications importantes dans la théorie des servomécanismes ([3]).

2. Dans cette Note, nous considérons le système plus général

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \operatorname{sgn} \mathbf{s}(\mathbf{x})). \tag{2.1}$$

Les composantes $s_\mu(x)$ ($\mu = 1, \ldots, m$) du vecteur $\mathbf{s}(\mathbf{x})$ sont des fonctions réelles et analytiques dans un domaine $\mathbf{B}$ contenu dans l'espace euclidien à n dimensions. Les surfaces $\mathbf{S}_\mu$ définies par $s_\mu(\mathbf{x}) = 0$ ($\mu = 1, \ldots, m$) seront appelées *espaces de discontinuité* (switching space, Schaltraum). En outre nous supposons que la fonction vectorielle $\mathbf{f}(\mathbf{x}. \mathbf{e})$ soit analytique en $\mathbf{B}$ pour chaque vecteur $\mathbf{e}$ dont les composantes sont égales à ± 1. Le système (2.1) est donc analytique par morceaux.

Nous appellerons *solutions* de (2.1) les fonctions vectorielles univoques $\mathbf{x}(t)$ satisfaisant aux conditions suivantes :

1° La fonction $\mathbf{x}(t)$ est continue et à valeurs dans $\mathbf{B}$;

2° les valeurs t satisfaisant $\mathbf{x}(t) \in \bigcup_{\mu=1}^{m} \mathbf{S}_\mu$, forment un ensemble sans point d'accumulation dans l'intervalle de définition de $\mathbf{x}(t)$;

3° pour chaque t tel que

$$\operatorname{sgn} \mathbf{s}(\mathbf{x}(t)) = \mathbf{e}, \tag{2.2}$$

$\mathbf{x}(t)$ est différentiable et solution du système

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{e}). \tag{2.3}$$

3. Soit $\mathbf{u}_0$ un point situé sur une surface $\mathbf{S}_\mu$ et une seule. Posons

$$(3.1)\qquad \mathbf{e}^{\pm}(\mathbf{u}_0) = \lim_{\varepsilon \to +0} \operatorname{sgn} \mathbf{s}(\mathbf{u}_0 \pm \varepsilon \operatorname{grad} s_\mu(\mathbf{u}_0)).$$

Soit $\mathbf{x}^{\pm}(t, \mathbf{u}_0)$ la solution (unique) du système $\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{e}^{\pm})$ passant par $\mathbf{u}_0$ au moment $t = 0$. Développons $\mathbf{x}^{\pm}$ et $s_\mu(\mathbf{x}^{\pm})$ en séries de Taylor :

$$(3.2)\qquad \mathbf{x}^{\pm}(t, \mathbf{u}_0) = \mathbf{u}_0 + \sum_{\nu=1}^{\infty} \mathbf{a}^{\pm}_{\mu\nu}(\mathbf{u}_0)\, t^\nu/\gamma\,!,$$

$$(3.3)\qquad s_\mu(\mathbf{x}^{\pm}(t, \mathbf{u}_0)) = \sum_{\nu=1}^{\infty} c^{\pm}_{\mu\nu}(\mathbf{u}_0)\, t^\nu/\gamma\,!.$$

Chaque point $\mathbf{u}_0 \in \mathbf{S}_\mu - \bigcup_{\rho \neq \mu} \mathbf{S}_\rho$ appartient à une des trois classes suivantes ([4]) :

a. Les signes de $c^{\pm}_{\mu_1}(\mathbf{u}_0)$ sont égaux, et par conséquent la solution de (2.1) passant par $\mathbf{u}_0$ traverse la surface $\mathbf{S}_\mu$ en ce point. Alors, on appelle $\mathbf{u}_0$ *point de transition* (transition point, Durchgangspunkt).

b. Les signes de $c^{\pm}_{\mu_1}(\mathbf{u}_0)$ sont distincts :

α. Si l'on a $c^{-}_{\mu_1}(\mathbf{u}_0) > 0$ et $c^{-}_{\mu_1}(\mathbf{u}_0) < 0$, il existe deux solutions $\mathbf{x}_1(t)$ et $\mathbf{x}_2(t)$ de (2.1) commençant au point $\mathbf{u}_0$, c'est-à-dire que les fonctions $\mathbf{x}_i(t)$ $(i = 1, 2)$ sont définies seulement pour $t > 0$ [sous l'hypothèse $\mathbf{x}_i(0) = \mathbf{u}_0$]. Un tel point est appelé *point initial* (starting point, Anfangspunkt).

β. De même, si l'on a $c^{+}_{\mu_1}(\mathbf{u}_0) < 0$ et $c^{-}_{\mu_1}(\mathbf{u}_0) > 0$, le point $\mathbf{u}_0$ est appelé *point final* (endpoint, Endpunkt). En ce cas, il existe deux solutions de (2.1) aboutissant au point $\mathbf{u}_0$.

4. Plus importants que (2.1) pour les applications sont les systèmes correspondants retardés ([3]). Les plus simples parmi eux, appelés *systèmes à retard constant* (constant time lag, konstante Nachhinkzeit), se représentent sous la forme

$$(4.1)\qquad \dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{f}(\mathbf{x}(t), \operatorname{sgn} \mathbf{s}(\mathbf{x}(t - \tau))),$$

où τ désigne une constante positive. Une solution de (4.1) est une fonction $\mathbf{x}(t)$ vérifiant les hypothèses 1°, 2° et 3°, où (2.2) est remplacée par $\operatorname{sgn} \mathbf{s}(\mathbf{x}(t - \tau)) = \mathbf{e}$.

Soit $\mathbf{v}_0$ un point quelconque dans $\mathbf{B}$, et $\mathbf{x}_\tau(t, \mathbf{v}_0)$ une solution de (4.1) satisfaisant à $\mathbf{x}_\tau(0, \mathbf{v}_0) = \mathbf{v}_0$. *On peut alors démontrer l'existence de la limite*

$$(4.2)\qquad \lim_{\tau \to 0} \mathbf{x}_\tau(t, \mathbf{v}_0) = \mathbf{x}_0(t, \mathbf{v}_0).$$

D'une manière formelle, on peut considérer la famille des fonctions $\{\mathbf{x}_0(t, \mathbf{v}_0)\}_{\mathbf{v}_0 \in \mathbf{B}}$ comme l'ensemble des solutions de l'équation

$$(4.3)\qquad \dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{f}(\mathbf{x}(t), \operatorname{sgn} \mathbf{s}(\mathbf{x}(t - 0))).$$

Nous appelons (4.3) *système à retard constant infinitésimal.*

THÉORÈME. — *Une solution* $\mathbf{x}_0(t)$ *de* (4.3) [*c'est-à-dire une fonction* $\mathbf{x}_0(t, \mathbf{v}_0)$ *du type* (4.3)] *jouit des propriétés suivantes :*

(i) *La fonction* $\mathbf{x}_0(t)$ *est continue et à valeurs dans* $\mathbf{B}$;

(ii) *A l'intérieur de* $\mathbf{B}-\mathbf{E}$ [*où* $\mathbf{E}$ *est l'ensemble des points finaux de* (2.1) (*voir* § 3)], *la fonction* $\mathbf{x}_0$ *est solution de* (2.1); *à l'intérieur* (5) *de* $\mathbf{E}_\mu = \mathbf{E} \cap \mathbf{S}_\mu$ *elle satisfait à l'équation différentielle vectorielle suivante :*

$$(4.4) \qquad \dot{\mathbf{x}} = P_\mu(\mathbf{x})\,\mathbf{f}(\mathbf{x}, \operatorname{sgn}\mathbf{s}(\mathbf{x})).$$

Ici $P_\mu(\mathbf{x})$ *désigne la transformation*

$$(4.5) \qquad P_\mu(\mathbf{x})\,\mathbf{v} = \mathbf{v} - \frac{\operatorname{grad}\mathbf{s}_\mu(\mathbf{x})\,\mathbf{v}}{\operatorname{grad}\mathbf{s}_\mu(\mathbf{x})\,\mathbf{v}_\nu(\mathbf{x})}\,\mathbf{r}_\mu(\mathbf{x})$$

($\mathbf{v}$ *est un vecteur arbitraire à n dimensions*), *où*

$$(4.6) \qquad \mathbf{r}_\mu(\mathbf{x}) = \frac{1}{2}(\mathbf{a}^+_{\mu_1}(\mathbf{x}) - \mathbf{a}^-_{\mu_1}(\mathbf{x})).$$

Inversement, toute fonction jouissant des propriétés a, b est une solution de (4.3), *sauf, peut-être,*

1° *à l'intersection de plusieurs surfaces* $\mathbf{S}_\mu$;

2° *aux points de contact* $\mathbf{v}_0$ *d'une solution de* $\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{e}^\pm(\mathbf{v}_0))$ *avec* $\mathbf{S}_\mu$;

5. Nous remarquons enfin que le théorème du paragraphe précédent reste valable si l'on remplace le retard infinitésimal constant par un retard infinitésimal de certains types plus généraux.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

(1) J. ANDRÉ et P. SEIBERT, *Arch. d. Math.*, 7, 1956, p. 148-164.

(2) Nous posons $\operatorname{sgn} a = +1$ pour $a > 0$ et $= -1$ pour $a < 0$ (sgn 0 n'est pas défini). Par $\operatorname{sgn}\mathbf{u}$ ($\mathbf{u}$, vecteur à composantes u_ν) nous désignons le vecteur à composantes $\operatorname{sgn} u_\nu$.

(3) *Voir* H. BILHARZ, *Rollstabilität eines um seine Längsachse freien Flugzeuges bei automatisch gesteuerten, intermettierenden konstanten Querrudermomenten, Luftfahrtforschung* 18, 1941 p. 317-326 et I. FLÜGGE-LOTZ, *Discontinuous automatic control*, Princeton, 1953.

(4) Abstraction faite de certains ensembles exceptionnels sur lesquels $c^+_{\mu_1}$ ou $c^-_{\mu_1}$ s'annule.

(5) Relativement aux surfaces $\mathbf{S}_\mu$.

ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES. — *Recouvrements riemanniens définis par des équations différentielles du second ordre.* Note de M. **MARTIN JURCHESCU**, présentée par M. Paul Montel.

Les recouvrements riemanniens correspondant aux intégrales non constantes de l'équation (1) ci-dessous jouissent d'une propriété de parabolicité ayant pour conséquence la propriété ($\mathcal{J}$).

1. W. Gross [1] a montré que les recouvrements riemanniens (R, f) du plan (w) définis par une équation à points critiques fixes de Painlevé [R est la surface de Riemann d'une intégrale non constante, f sa projection sur (w)] possèdent la propriété suivante :

Dès qu'il existe un point w couvert n fois au moins par (R, f), *l'ensemble des points w couverts $n-1$ fois au plus par* (R, f) *est totalement discontinu.*

Nous allons indiquer, ici, une suite de résultats concernant les recouvrements riemanniens définis par l'équation plus générale

$$w'' = F_1(w, z)\,w'^3 + F_2(w, z)\,w'^2 + F_3(w, z)\,w' + F_4(w, z), \tag{1}$$

où l'on suppose seulement qu'il existe, dans le plan (w) et dans le plan (z), deux domaines G_w et G_z ayant des frontières β_w et β_z de capacité nulle et tels que les fonctions F_i $(i=1, \ldots, 4)$ soient méromorphes dans $G_w \times G_z$. Les faits essentiels sur lesquels se fonde toute la théorie sont la « nullité » des ensembles β_w et β_z et la réciprocité de l'équation (1) [on voit, en effet, que l'équation en z, obtenue à partir de (1), est de la même forme].

Dans tout ce qui suit, R désignera la surface de Riemann d'une intégrale non algébrique quelconque $w(z)$ de (1), f et φ ses projections sur (w) et sur (z).

2. Soient f_0 et $f_i(i=1, \ldots, 4)$ des fonctions holomorphes dans $G_w \times G_z$ telles qu'on ait $F_i(w, z) = [f_i(w, z)/f_0(w, z)]$ et désignons par α_w l'ensemble des points $w=b$ de G_w satisfaisant à l'une au moins des identités $f_0(b, z) \equiv 0$ et $f_4(b, z) \equiv 0$. L'ensemble $\alpha_w \cup \beta_w$ reste encore de capacité nulle.

Lemme 1. — *Soit λ un chemin tracé sur la surface* R *et tendant vers la frontière idéale : si le chemin $f(\lambda)$ converge vers un point bien déterminé $w=b$, situé hors de $\alpha_w \cup \beta_w$, le chemin $\varphi(\lambda)$ converge aussi et sa limite $z=a$ fait partie de β_z ou satisfait à l'équation $f_0(b, a)=0$.*

C'est une conséquence simple des théorèmes généraux de la théorie analytique des équations différentielles, en tenant compte de la réciprocité de l'équation (1) [2].

3. Nous rappelons qu'on nomme [3] parabolique sur R tout domaine D tel que la seule fonction u de classe H_0B sur D (fonction harmonique bornée sur D avec $u=0$ sur la frontière relative de D) est la fonction $u \equiv 0$. Le théorème suivant est fondamental pour cette Note :

I. *Soit D_w, un domaine de Jordan arbitraire dans (w) : les composantes connexes de l'ensemble ouvert $f^{-1}(D_w)$ sont des domaines paraboliques de* R.

Pour le démontrer [4], considérons une composante connexe D de $f^{-1}(D_w)$ et posons $D_1 = D \cap R_1$, où $R_1 = R - f^{-1}(\alpha_w \cup \beta_w)$. Faisons la représentation conforme de la surface universelle de recouvrement de D_1 sur le cercle-unité $|t|<1$ et désignons par σ l'application analytique ainsi obtenue de $|t|<1$ sur D_1. L'application localement uniforme et conforme σ^{-1} se prolonge par continuité sur la frontière relative Γ de D et fait correspondre à Γ un ensemble

ouvert Γ_t de $|t|=1$. Les fonctions f^*, φ^* et ψ^*, où $f^*(t)=f(\sigma(t))$, $\varphi^*(t)=\varphi(\sigma(t))$ et $\psi^*(t)=f_0(f^*(t), \varphi^*(t))$ sont analytiques dans $|t|<1$.

En tout point du complémentaire de Γ_t est vérifiée, d'après le lemme 1, une des conditions suivantes : *a.* f^* ne possède pas de limite angulaire; *b.* une au moins des fonctions f^*, φ^* et ψ^* possède une limite angulaire, faisant partie des ensembles de capacité nulle $\alpha_w \cup \beta_w$, β_z et $\{0\}$ respectivement. Il s'ensuit, d'après les théorèmes bien connus de Fatou et de Priwalov, que le complémentaire de Γ_t est de mesure nulle [5].

Le raisonnement reste valable dans le cas singulier où $f_0(w(z), z)\equiv 0$, car le lemme 1 prend alors la forme suivante : *Si $f(\lambda)$ converge vers un point $w=b$, situé hors de β_w, $\varphi(\lambda)$ converge aussi et sa limite $z=a$ appartient à β_z.*

Soit u de classe H_0B sur D; la fonction $u(\sigma(t))$ est harmonique bornée sur $|t|<1$ et s'annule sur Γ_t, donc presque partout sur $|t|=1$, d'où $u\equiv 0$, ce qui achève la démonstration.

4. Soient, pour D_w domaine arbitraire dans (w) et D composante connexe de $f^{-1}(D_w)$, $n(D, w)$ le nombre de fois que D couvre le point w et $n_D=\sup_w n(D, w)$ le nombre de feuillets du recouvrement (D, f).

II. *Si D_w est arbitraire et $n_D\leq\infty$, les ensembles $E_n(0\leq n<n_D)$ des points $w\in D_w$ où $n(D, w)\leq n$ sont de capacité nulle; si $D_w\cap(\alpha_w\cup\beta_w)=0$ et $n_D<\infty$,* D *est compact.*

La première assertion est une conséquence facile du théorème I; la démonstration de la seconde exige l'intervention directe du lemme 1.

5. En particulier, on déduit du théorème II que le recouvrement (R, f) possède la propriété $(\mathcal{J})$ [6]. On peut alors appliquer le théorème de Stoïlow [7] concernant les éléments-frontières des recouvrements jouissant de la propriété $(\mathcal{J})$. Mais le théorème II permet aussi d'améliorer ce théorème de Stoïlow pour le recouvrement considéré ici. En voici l'énoncé complet :

III. *Les éléments frontière de* R *ne peuvent être que ponctuels ou totalement étalés pour (R, f); tout voisinage Δ d'un élément frontière totalement étalé recouvre une infinité de fois le plan (w) entier sauf peut-être un ensemble de capacité nulle; si (R, f) ne possède aucun élément frontière totalement étalé, le recouvrement (R_1, f) est total* [8] *sur* $(w)-(\alpha_w\cup\beta_w)$.

(1) *Math. Ann.*, 78, 1918, p. 332-342.

(2) *Voir* aussi W. GROSS, *loc. cit.*, p. 337 et suiv.

(3) *Cf.* M. PARREAU, *Ann. Inst. Fourier*, 3, 1952, p. 118.

(4) *Voir*, pour ce raisonnement, M. JURCHESCU, *Bul. Stiinț. Acad. R. P. R., secțiunea de științe matematice și fizice*, 7, 1955, p. 347-354 et M. TSUJI, *J. Math. Soc. Japan*, 7, n° 2, 1955, p. 171.

(5) Ce résultat permet également d'appliquer à l'étude des intégrales de (1), la théorie des fonctions de classe U de Seidel, de la même manière que Tsuji (*loc. cit.*, p. 171-172) le fait pour les fonctions définies par une relation entière.

([6]) *Voir*, pour ce qui concerne cette propriété, *les Notes I, II et IV* dans : S. Stoïlow, *Leçons sur les principes topologiques de la théorie des fonctions analytiques*, 2e édition, Paris, 1956. D'après S. Stoïlow, on dit que (R, f) possède la propriété $(\mathcal{J})$ si, quels que soient le chemin l sur (w), d'extrémités b et b_1 et le point $p \in f^{-1}(b)$, il existe un chemin λ sur R, d'extrémités p et p_1, tel que $f(\lambda)$ et $f(p_1)$ soient arbitrairement voisins de l et b_1 respectivement.

([7]) *Loc. cit.*, p. 189.

([8]) *Voir*, pour cette notion, S. Stoïlow, *Loc. cit.*, p. 125 et suiv.

RELATIVITÉ. — *Distribution champ électromagnétique pur-matière chargée.* Note (*) de M. **Louis Mariot**, transmise par M. Georges Darmois.

Nous montrons dans cette Note que le champ électromagnétique singulier ne peut coexister avec la matière.

1. Soit un domaine D de l'espace-temps V_4 balayé par une distribution matière-champ électromagnétique ([1]). Si $F_{\alpha\beta}$ sont les composantes du tenseur électromagnétique et u^β celles du vecteur vitesse unitaire associé au fluide matériel, les équations de Maxwell s'écrivent en repère quelconque :

$$(1)\qquad \nabla_\alpha {}^*F^{\alpha\beta} = 0, \qquad \nabla_\alpha F^{\alpha\beta} = \mu u^\beta \qquad (u^\beta u_\beta > 0).$$

Choisissons dans D, des repères orthonormés adaptés $\mathcal{R}$ (tels que $Z = F_{30} = 0$ et $N = {}^*F_{03} = 0$) ([2]) et posons

$$(2)\qquad \begin{cases} F_{10} = X, \quad F_{20} = Y, \quad F_{23} = L, \quad F_{31} = M, \quad X - M = \alpha, \quad Y + L = \beta; \\ d = \gamma_{100} + \gamma_{103} + \gamma_{130} + \gamma_{133}, \qquad e = \gamma_{200} + \gamma_{203} + \gamma_{230} + \gamma_{233}. \end{cases}$$

Nous pouvons alors écrire

$$(3)\qquad \begin{cases} \nabla_\alpha F^{\alpha 3} - \nabla_\alpha F^{\alpha 0} \equiv \quad \partial_1 \alpha + \partial_2 \beta - dX - eY + \alpha A + \beta B = \mu(u^3 - u^0), \\ \nabla_\alpha {}^*F^{\alpha 0} - \nabla_\alpha {}^*F^{\alpha 3} \equiv - \partial_2 \alpha + \partial_1 \beta - eX + dY + \alpha C + \beta D = 0, \end{cases}$$

A, B, C, D étant des combinaisons linéaires des coefficients de Ricci $\gamma_{\alpha\beta\gamma}$ associés aux repères $\mathcal{R}$. Remarquons que u^0 est essentiellement différent de u^3 puisque le vecteur $\vec{u}$ est du genre temps.

2. Parmi les repères $\mathcal{R}$, nous choisissons des repères particuliers $\mathcal{R}_l$ définis de la manière suivante : en tout point x d'une hypersurface S de D, donnons-nous un vecteur isotrope $\vec{l}_S$; nous définissons ainsi, au voisinage de S, une congruence de géodésiques isotropes et un vecteur $\vec{l}$ en tout point y de D. Il est possible de choisir des repères $\mathcal{R}_l$ tels que $\vec{e}_0 + \vec{e}_3 = \vec{l}$; en effet, en posant $\vec{v} = \vec{e}_0$, le vecteur $\vec{v}$ doit satisfaire

$$(4)\qquad v_\alpha F^{\alpha\beta} l_\beta = 0, \qquad v_\alpha {}^*F^{\alpha\beta} l_\beta = 0$$

puisque $F^{30} = 0$, $^{\star}F^{30} = 0$ en repère $\mathcal{R}_l$. Le vecteur $\vec{v} = \vec{e}_0$ doit être dans un 2-plan K défini par les équations (4); il est facile de montrer que le 2-plan K est bien du genre temps; notons que ce 2-plan contient évidemment le vecteur $\vec{l}$.

3. Puisque $\vec{l}$ est tangent à une géodésique isotrope $l^\alpha \nabla_\alpha l^\beta = a l^\beta$. En repère $\mathcal{R}_l$, les deux équations $l^\alpha \nabla_\alpha l^1 = a l^1 = 0$, $l^\alpha \nabla_\alpha l^2 = a l^2 = 0$ conduisent à $d = 0$, $e = 0$. En repère $\mathcal{R}_l$, les équations (3) s'écrivent alors

$$(5)\quad \begin{cases} \partial_1 \alpha + \partial_2 \beta + \alpha A + \beta B = -\mu(u^0 - u^3), \\ -\partial_2 \alpha + \partial_1 \beta + \alpha C + \beta D = 0. \end{cases}$$

Dans D, la solution $\alpha = 0$, $\beta = 0$ est impossible : donc, le champ électromagnétique singulier ne peut coexister avec la matière.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) A. Lichnerowicz, *Théories relativistes de la gravitation et de l'électromagnétisme*, Masson, 1955, dont nous prenons les notations.

(2) L. Mariot, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 175.

AÉRODYNAMIQUE DES TURBOMACHINES. — *Détermination de la vitesse de rotation du décollement tournant brusque des rotors axiaux.* Note (*) de M. **André Jaumotte**, transmise par M. Frans Van den Dungen.

Une formule nouvelle liant la vitesse de rotation du décollement tournant brusque aux caractéristiques de l'écoulement au rayon extérieur d'un rotor a été établie. Elle est obtenue en égalant la pression au rayon extérieur de la zone décollée, considérée comme un compresseur centrifuge sans débit, à la pression fournie, au même rayon, par la partie saine de l'écoulement.

Considérons une roue axiale isolée au moment de l'apparition du décollement *brusque*.

1. Critère fixant la vitesse de rotation du décollement tournant. — *Lorsque le décollement envahit toute la hauteur d'un ou de plusieurs aubages, la vitesse absolue de cette zone décrochée s'établit de sorte que la pression à son rayon extérieur (en dehors de la couche limite) soit égale à la pression fournie par l'écoulement normal à travers la roue.* Cette égalité constitue la condition physique pour que l'extension radiale du décollement puisse se produire du rayon intérieur vers le rayon extérieur.

Affectons des indices 1 et 2 les grandeurs relatives à l'amont et à l'aval du rotor; utilisons l'indice e pour le rayon extérieur. Supposons que l'écoulement en amont du rotor est axial et uniforme. La zone décrochée constitue en fait un élément de compresseur centrifuge tournant avec la vitesse angulaire

absolue du décollement tournant, soit ω_d. Dans ces conditions, on a, à débit nul :

(1) $$\frac{p_{2e}-p_1}{\rho}=k(\omega_d r_e)^2 \quad \text{ou} \quad \frac{p_{2e}-p_1}{\rho(\omega r_e)^2}=k\left(\frac{\omega_d}{\omega}\right)^2,$$

k étant un coefficient inférieur à l'unité et sensiblement constant (rapport de la hauteur manométrique réelle à la hauteur manométrique théorique, à débit nul).

Le critère énoncé ci-dessus consiste à affirmer que la différence de pression $p_{2e}-p_1$ donnée par cette expression est la même que la différence de pression réalisée par l'écoulement normal au rayon extérieur, pour le point d'apparition du décollement tournant brusque.

2. Élévation de pression du rotor au rayon extérieur. — Le coefficient local de pression statique ψ_s est défini par $\psi_s=2(p_2-P_1)/\rho(\omega r)^2$, p_2 étant la pression statique immédiatement en aval du rotor et P_1 la pression génératrice immédiatement en amont, au rayon considéré r. Le coefficient de débit local φ est défini par le rapport de la vitesse débitante c_1 à la vitesse circonférentielle locale. On a donc

$$\psi_s=\frac{2\left(p_2-p_1-\rho\frac{c_1^2}{2}\right)}{\rho(\omega r)^2} \quad \text{ou} \quad \psi_s+\varphi^2=\frac{2(p_2-p_1)}{\rho(\omega r)^2}.$$

En appliquant cette relation au rayon extérieur

(2) $$\frac{p_{2e}-p_1}{\rho(\omega r_e)^2}=\frac{\psi_{se}+\varphi_e^2}{2}.$$

3. Constante de fréquence du décollement tournant. — En égalant (1) et (2), on obtient

(3) $$\left(\frac{\omega_d}{\omega}\right)^2=\frac{\psi_{se}+\varphi_e^2}{2k}.$$

Le coefficient k a été déterminé expérimentalement pour deux cas :

a. Pour le rotor ayant fait l'objet de nos communications antérieures [1], on a obtenu expérimentalement : $\omega_d/\omega=0,48$, $\psi_{se}=0,23$ et $\varphi_e=0,391$. On en déduit $k=0,831$.

b. Pour un rotor essayé à l'ONERA [2], on a obtenu expérimentalement : $\omega_d/\omega=0,6$, $\psi_{se}=0,22$ et $\varphi_2=0,67$. On en déduit $k=0,899$.

On remarquera que les valeurs de k sont voisines bien que :

a. Les rotors sont de conception aérodynamique différente; le premier est sensiblement à écoulement irrotationnel et le second à écoulement avec rotation d'ensemble;

b. Un rotor est à faible déviation, l'autre à déviation élevée;

c. Les grandeurs relatives au rayon extérieur ont été extrapolées à partir

des mesures relatives au rayon relatif 0,935 pour le rotor, objet de nos essais, au rayon moyen pour le rotor ONERA.

Admettons pour k une valeur moyenne de 0,865. L'équation (3) devient :

$$\left(\frac{\omega_d}{\omega}\right)^2 = \frac{\psi_{se} + \varphi_e^2}{1,73}. \tag{4}$$

Cette équation permet de déterminer la vitesse de rotation du décollement brusque avec une bonne approximation. Une précision plus grande pourrait être obtenue grâce à des essais plus nombreux au rayon extérieur, pour déterminer k avec plus de précision. La valeur $k = 0,865$ employée ici doit être considérée comme une première approximation.

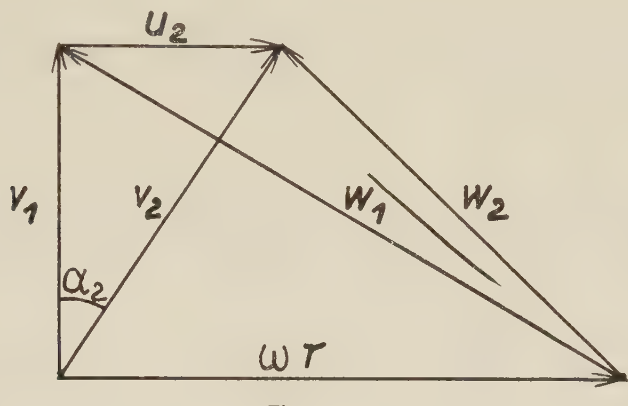


Fig. 1.

Appliquée au rotor, objet de nos essais antérieurs, la formule (4) donne $\omega_d/\omega = 0,47$ au lieu de 0,48. Pour le rotor essayé à l'ONERA, on obtient $\omega_d/\omega = 0,62$ au lieu de 0,61 mesuré.

4. Relation avec la géométrie de l'écoulement. — Les triangles des vitesses à l'entrée et à la sortie du rotor, pour un rayon quelconque, sont représentés à la figure 1, toujours dans le cas d'une entrée axiale. On a

$$\frac{p_2 - p_1}{\rho} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} = \eta \omega r u_2$$

ou $(p_2 - p_1)/\rho = \eta \omega r u_2 - (u_2^2/2)$, η étant le rendement local du rotor au rayon considéré.

On a donc

$$\frac{p_2 - p_1}{\rho(\omega r)^2} = \frac{u_2}{\omega r}\left(\eta - \frac{u_2}{2\,\omega r}\right).$$

En introduisant dans cette expression le coefficient de débit local $\varphi = v_1/\omega r = u_2/\omega r \operatorname{tg} \alpha_2$, on obtient

$$\frac{p_2 - p_1}{\rho(\omega r)^2} = \varphi \operatorname{tg} \alpha_2 \left(\eta - \frac{\varphi \operatorname{tg} \alpha_2}{2}\right).$$

En égalant cette expression écrite pour le rayon extérieur et la relation (1), on a

$$k\left(\frac{\omega_d}{\omega}\right)^2 = \varphi_e \operatorname{tg}\alpha_{2e}\left(\eta_e - \frac{\varphi_e \operatorname{tg}\alpha_{2e}}{2}\right)$$

ou, en posant $K = k/\eta_e$,

$$\left(\frac{\omega_d}{\omega}\right)^2 = \frac{1}{K}\varphi_e \operatorname{tg}\alpha_{2e}\left(1 - \frac{\varphi_e \operatorname{tg}\alpha_{2e}}{2\eta_e}\right). \tag{5}$$

Cette expression est équivalente à (4); elle explicite les caractéristiques géométriques de l'écoulement au rayon extérieur. En admettant $\eta_e = 0,90$, on peut y faire $1/K = 1,04$.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

(1) *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 2014; **244**, 1957, p. 160 et **244**, 1957, p. 1614.

(2) *La recherche aéronautique*, **54**, 1956, p. 21.

HYDRAULIQUE. — *Remarque sur les mesures par flotteur des déplacements d'un plan d'eau.* Note (*) de M. **Jacques Dat**, transmise par M. Léopold Escande.

Au cours de recherches sur les cheminées d'équilibre déversantes nous avons été conduit à mesurer simultanément les variations du plan d'eau au moyen d'un système d'enregistrement mécanique dont l'élément essentiel est constitué par un flotteur placé dans l'axe de la cheminée, et d'un système d'enregistrement électrique, étudié dans une Note précédente (1), dont l'élément de mesure est une jauge à fils placée assez loin de l'axe de la cheminée.

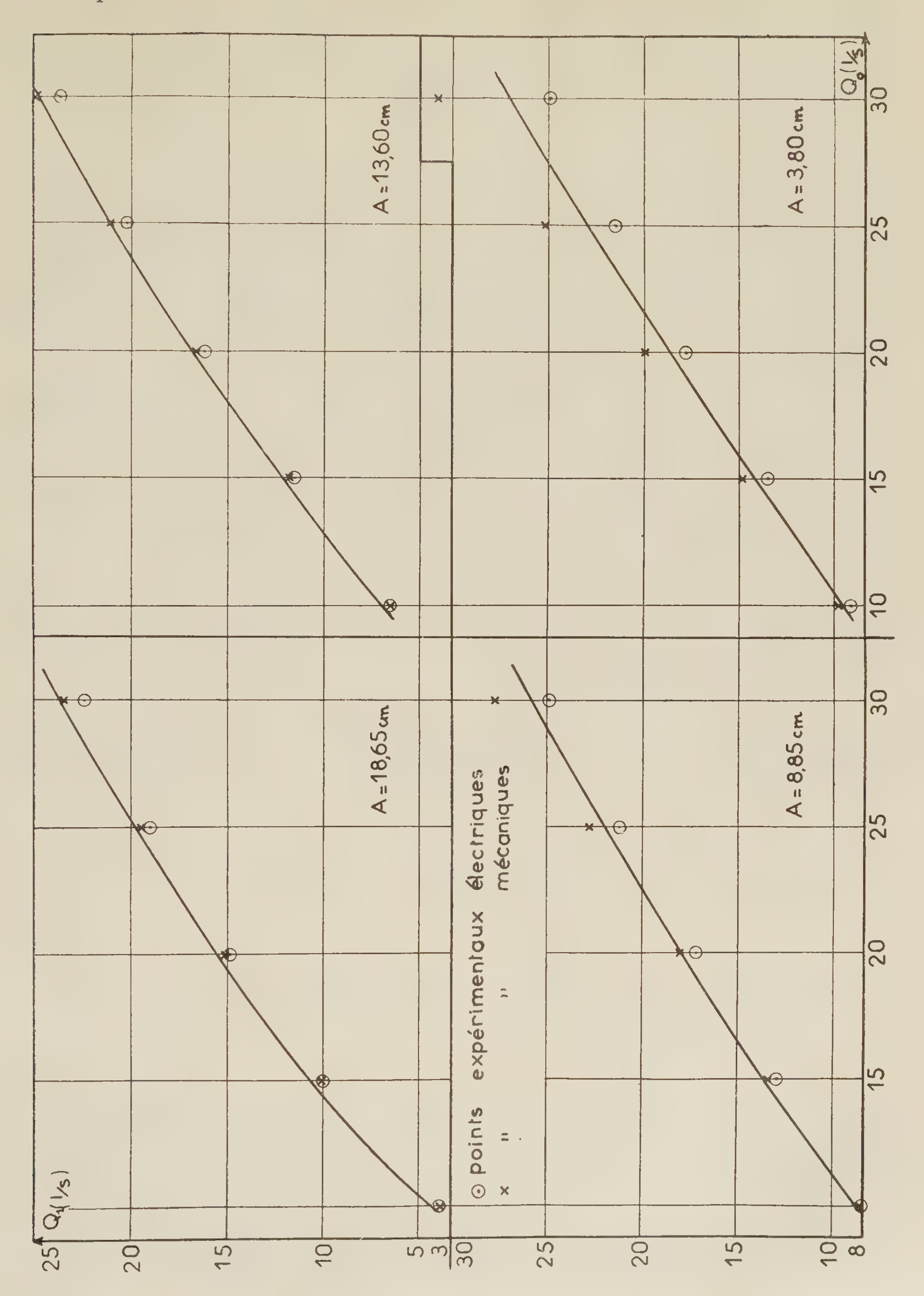
Le problème consistait à mesurer le débit déversant maximum qui s'écoule sur le seuil déversant de la cheminée à la suite d'une fermeture instantanée, le régime permanent initial correspondant à un débit de la conduite égal à Q_0. Nous avons comparé ce débit déversant maximum Q_m au débit Q_1 qui arrive dans la cheminée par le canal d'amenée à l'instant t_1 où le niveau d'eau atteint le seuil déversant, dans la première montée consécutive à la fermeture instantanée.

Nous avions au préalable étalonné le déversoir de la cheminée au moyen d'une pointe de mesure située dans la même position que la jauge à fils.

Nos expériences ont été faites pour quatre valeurs différentes de la hauteur de seuil A au-dessus du niveau statique (A = 3,8, 8,85, 13,6, 18,65 cm).

Nous avons tracé (*fig.* 1 à 4) les courbes donnant Q_1 en fonction de Q_0 pour chacune de ces hauteurs de seuil et, d'autre part, nous avons figuré les points correspondant aux mesures expérimentales effectuées d'une

part, au moyen du système à flotteur, d'autre part avec l'enregistreur électrique.



L'examen de cette figure montre que les débits indiqués par l'appareil à flotteur sont toujours supérieurs à ceux que fournit le système électrique; on remarque également que si les mesures électriques conduisent à des points systématiquement placés au-dessous de la courbe donnant les valeurs de Q_1, il n'en est pas de même pour les mesures faites au moyen du flotteur.

Il résulte de cette dernière remarque qu'une erreur entache les mesures effectuées avec le flotteur. En effet, le débit qui arrive dans la chambre d'équilibre à la suite d'une manœuvre de fermeture instantanée, pendant la première montée du plan d'eau, est une fonction décroissante du temps : le débit Q_1 débouchant du canal d'amenée à l'instant t_1 où commence le déversement est forcément supérieur au débit maximum déversant puisque celui-ci correspond à un débit qui arrive dans la chambre d'équilibre postérieurement à l'instant t_1.

L'erreur introduite par le flotteur peut s'expliquer par un effet d'inertie et surtout par la présence d'une intumescence dans la partie centrale de la cheminée : ces deux éléments agissent dans le même sens et produisent un effet d'autant plus accentué que le seuil déversant est plus bas, comme il résulte de l'examen des courbes.

Ce phénomène d'intumescence se produit très souvent dans les cheminées d'équilibre, tout particulièrement dans le cas des cheminées à étranglement et l'emploi d'un flotteur axial risque alors d'introduire certaines erreurs.

Les mesures électriques sont au contraire à l'abri de toute critique, du fait que la position de la jauge correspond à celle de la pointe d'étalonnage du déversoir et que les phénomènes de capillarité sont absolument négligeables comme nous avons pu nous en rendre compte.

(*) Séance du 27 juillet 1957.

(1) J. Nougaro, G. Giralt et J. Dat, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 30.

RADIOASTRONOMIE. — *Étude de la scintillation du Soleil observée sur la longueur d'onde de* 3,2 cm. Note (*) de M. **Ilya Kazès**, présentée par M. André Danjon.

L'étude des scintillations du Soleil sur 3,2 cm de longueur d'onde montre une variation de leurs caractéristiques avec la distance zénithale. On discute aussi le rôle de l'activité solaire et l'influence de la longueur d'onde ainsi qu'un effet de scintillation angulaire.

Nous avons signalé dans une Note précédente (1) que le rayonnement du Soleil sur 3,2 cm de longueur d'onde présente des fluctuations d'inten-

sité probablement d'origine atmosphérique. Ces scintillations se traduisent par des variations positives et négatives du niveau moyen enregistré, dont les amplitudes augmentent généralement quand diminue la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon.

A partir des observations effectuées à Paris avec un seul récepteur, il était difficile d'exclure absolument la possibilité qu'une partie au moins de ces fluctuations ne soit due à des interférences entre l'onde directe en provenance du Soleil et des ondes réfléchies sur des obstacles plus ou moins proches. Des observations effectuées à Nançay avec deux récepteurs placés à des distances variables l'un de l'autre ont apporté la preuve que ces scintillations sont d'origine atmosphérique : en effet, tant que la distance entre récepteurs est inférieure à une cinquantaine de mètres, les fluctuations présentées par les deux enregistrements sont pratiquement identiques bien que les hauteurs au-dessus du sol des aériens utilisés puissent différer d'une centaine de longueurs d'onde.

1. *Aspect des scintillations.* — L'aspect des scintillations observées peut différer beaucoup d'un jour à l'autre. Certains enregistrements classés « réguliers » présentent au cours de la journée une continuité suffisante de leurs propriétés pour se prêter à une étude plus complète que les autres : en particulier, on peut y déceler une pseudo-période. La figure (1*a*) représente un enregistrement régulier du type le plus commun avec une pseudo-période de l'ordre de la demi-minute. Les variations rapides comme celles de la figure (1 *b*), (1 *c*) sont beaucoup plus rares. On observe aussi parfois une période nettement plus grande, de l'ordre de plusieurs minutes, qui peut se superposer à la précédente.

D'une façon générale, la pseudo-période T croît avec la distance zénithale z. Pour des enregistrements réguliers, on trouve une variation linéaire de T avec $(\sec z)^{1/2}$ (*fig.* 2).

L'amplitude A des fluctuations croît aussi avec la distance zénithale. Plus précisément, on trouve que la valeur quadratique moyenne $\overline{A}^2$ calculée pour un grand nombre d'enregistrements varie linéairement avec $\sec z$ (*fig.* 3).

Il en résulte que, lorsque la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon dépasse une quinzaine de degrés, les scintillations se confondent souvent avec le bruit propre du récepteur et ne se prêtent pas à une étude systématique.

2. *Relation avec l'activité solaire.* — Il existe une relation certaine entre l'amplitude et l'aspect des scintillations d'une part et l'activité solaire d'autre part. L'amplitude des scintillations croît avec l'intensité des centres d'émission radioélectrique localisés sur la surface du disque et les scintillations peuvent disparaître quand le Soleil est dépourvu de centres actifs. On sait que les centres d'émission radioélectrique solaires ont,

sur 3 cm de longueur d'onde, un diamètre de l'ordre de quelques minutes ([2]). On peut en conclure que le mécanisme qui produit les scintillations n'agit que pour des sources de diamètre apparent nettement inférieur à celui du Soleil; on a pu observer, ce qui confirme cette conclusion, que le spectre des scintillations s'enrichit beaucoup lorsque la source d'émission a au contraire un diamètre apparent plus faible que celui des centres usuels. La figure (1 *c*) qui illustre ce phénomène, représente l'allure d'un enregistrement obtenu le 26 décembre 1956 pendant l'apparition sur le Soleil

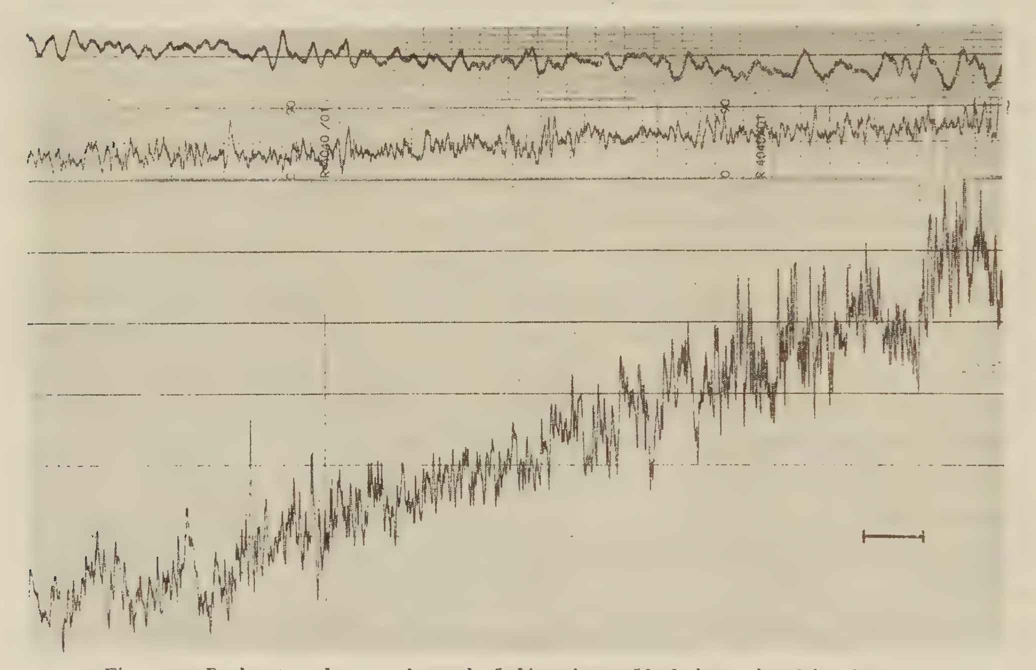


Fig. 1. — *De haut en bas* : *a*, lever du 5 décembre 1956; *b*, lever du 26 janvier 1957; *c*, coucher du 26 décembre 1956.
Hauteur du Soleil comprise entre 5 et 10°.
Le segment horizontal correspond à une minute du temps qui croît de droite à gauche.

d'un sursaut dont le diamètre mesuré simultanément par une méthode interférométrique a été trouvé au plus égal à 2′; avant et après le sursaut, les scintillations avaient l'aspect usuel de la figure (1 *a*).

3. *Influence de la longueur d'onde.* — Nous avons effectué des mesures simultanées de scintillations sur les longueurs d'onde de 3,2 et 34 cm. Bien qu'il n'existe aucune corrélation de détail entre les enregistrements obtenus sur les deux longueurs d'onde, l'allure générale des scintillations observées est la même, et leurs amplitudes relatives sont comparables. Si ces scintillations étaient dues à des fluctuations de la densité électronique de l'ionosphère, on devrait leur trouver une amplitude fortement croissante avec la longueur d'onde, et ceci d'autant plus que les sources d'émission localisées sur le Soleil ont une intensité qui croît en général avec

la longueur d'onde alors que leur diamètre en est sensiblement indépendant ([3]). Ces résultats suggèrent que les scintillations observées sur 3,2 cm prennent leur origine dans la basse atmosphère.

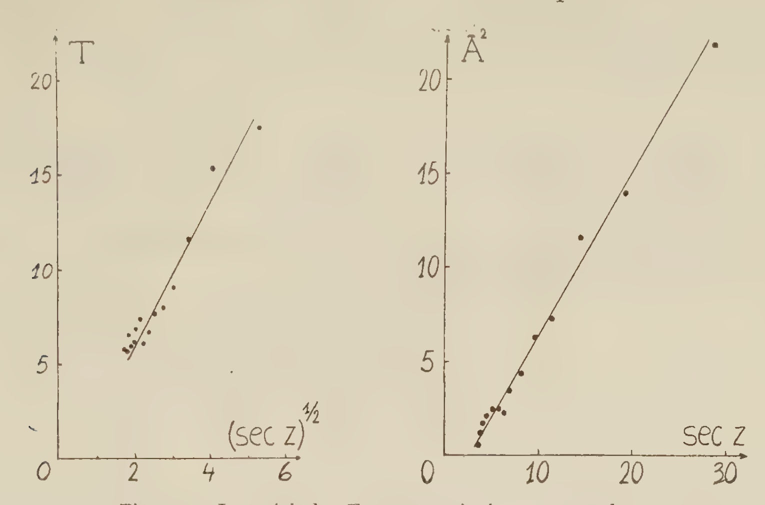


Fig. 2. — Les périodes T sont exprimées en secondes.
Fig. 3. — L'amplitude A est exprimée en centièmes du rayonnement total du Soleil.

4. *Scintillations angulaires.* — On a cherché à mettre en évidence un effet de scintillation angulaire en laissant défiler le Soleil devant l'antenne et en mesurant la largeur à demi-puissance du diagramme de réception obtenu. Ces observations font apparaître des fluctuations faibles mais significatives de la largeur apparente du Soleil. Ces fluctuations croissent avec la distance zénithale et peuvent atteindre quelques minutes. Des résultats obtenus par M. R. Kundu avec un interféromètre ([2]) mieux adapté que notre antenne pour ce genre de mesure ont confirmé l'ordre de grandeur des scintillations angulaires que nous avons observées.

(*) Séance du 22 juillet 1957.
([1]) I. Kazès et J. L. Steinberg, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 493.
([2]) I. Alon, M. R. Kundu et J. L. Steinberg, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 1726.
([3]) W. N. Christiansen et J. A. Warburton, *Aust. J. Phys.*, 6, 1953, p. 190.

(*Observatoire de Paris.*)

ASTROPHYSIQUE. — *Révision de la théorie des courbes de croissance.* Note (*) de M. **Jean-Claude Pecker**, présentée par M. André Danjon.

L'existence des écarts à l'équilibre thermodynamique conduit à une modification de la théorie des fonctions de poids et à des changements numériques importants dans les données (températures, abondances, turbulence) déduites des courbes de croissance.

Nous avons vu, dans une Note précédente ([1]), que l'écart à l'équilibre thermodynamique local (E. T. L.) peut être important, même dans les couches profondes de la photosphère. Sans vouloir ici entrer dans l'interprétation des mesures, on peut dire que tout se passe comme si, dans la formation des raies spectrales envisagées, la fonction-source s'écrivait

$$S_\lambda(\tau) = B_\lambda[T_{exc}(\tau)],$$

où B_λ désigne la fonction de Planck, et où $T_{exc}(\tau)$ est déterminé comme indiqué dans notre précédente Note.

Dans ces conditions, la théorie de la largeur équivalente des raies doit être transformée. A la fonction de poids classique :

$$g_{cl} = \frac{\int_\tau^\infty B_\lambda(T_e)e^{-\tau}\,d\tau - B_\lambda(T_e)\,e^{-\tau}}{\int_0^\infty B_\lambda(T_e)\,e^{-\tau}\,d\tau}$$

doit être substituée la fonction de poids réelle :

$$g = \frac{\int_\tau^\infty B_\lambda(T_e)\,e^{-\tau}\,d\tau - B_\lambda(T_{exc})\,e^{-\tau}}{\int_0^\infty B_\lambda(T_e)\,e^{-\tau}\,d\tau}.$$

Remarquons tout d'abord que, alors que g_{cl} s'annule si $dB/d\tau = 0$ (la présence de raies d'absorption est alors due à l'existence d'un gradient de température), il n'en est plus de même pour g : la formation même des raies est due pour une large mesure aux écarts à l'E. T. L.

Il résulte de ce qui précède que l'expression de la largeur équivalente est modifiée :

$$\frac{W}{\lambda} = \text{const.} \int_0^\infty g(\tau)\,\psi(x, a)\,b(\tau)\,d\tau \quad [\textit{voir} \text{ par exemple Pecker } (^2)].$$

Par suite, les courbes de croissance théoriques sont modifiées. Puisque g est inférieur à g_{cl} (ou T_{exc} supérieur à T_e), le palier des courbes de croissance est abaissé d'une quantité égale à la valeur moyenne dans l'atmosphère de $\log(g/g_{cl}) = \Delta \log g$. Le fait important est qu'il ne faut pas s'attendre à un même palier pour les différents multiplets. Les multiplets issus des niveaux les moins excités ont des paliers plus bas. Dans le cas solaire, la différence entre les paliers extrêmes peut atteindre environ 0,4 (en logarithmes décimaux). La figure 1 reproduit trois courbes de croissance théoriques obtenues pour les multiplets *a*, *e*, *g* [*voir* ([1])] du titane.

Ces remarques conduisent à une révision complète de l'emploi des courbes de croissance. En effet, il ne faut pas s'acharner, comme on l'a fait, à faire

coïncider les petites portions de la courbe de croissance avec la courbe moyenne. Les seules portions de courbe qui doivent coïncider sont les parties rectilignes (raies faibles) des courbes de croissance relatives aux différents multiplets. On voit sur la figure 2 comment il faut faire glisser les différentes parties de la courbe de croissance correspondant aux différents multiplets (2B), et quelle erreur on peut commettre si l'on veut à tout prix forcer la coïncidence (2A).

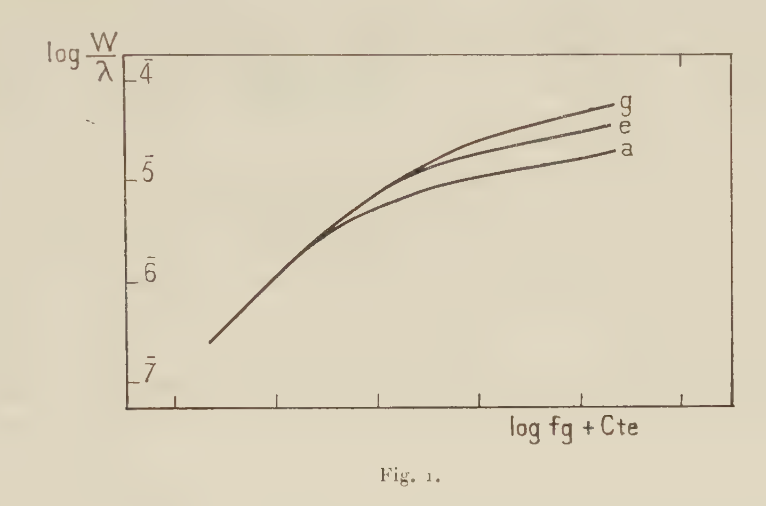


Fig. 1.

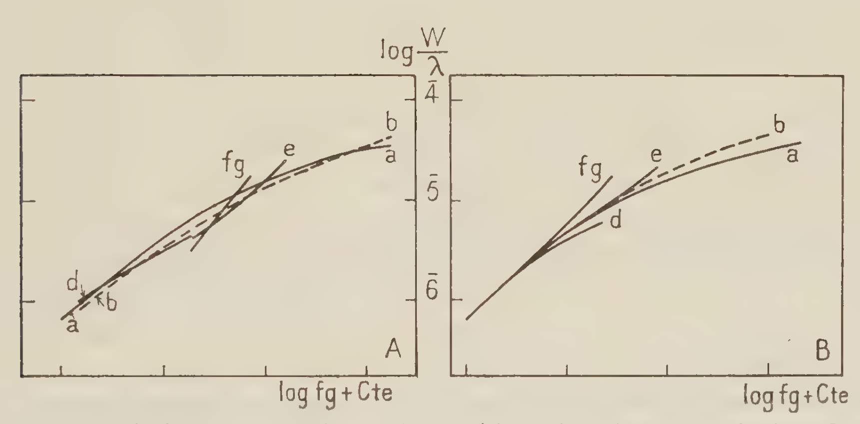


Fig. 2. — Méthode de construction des courbes empiriques de croissance; A, classique, B, révisée.

La détermination des températures d'excitation, qui définissent la population moyenne des niveaux atomiques dans l'atmosphère, se déduit de ces glissements. Cette méthode, qui constitue une analyse de l'atmosphère solaire dans son ensemble, est évidemment moins précise que la méthode proposée dans la Note précédente; mais elle est libérée de toute hypothèse, notamment de celles sur l'abondance, ou le modèle, qui sont nécessaires au calcul de la relation entre τ_{raie} et τ_{continu}. L'accord entre les deux méthodes est donc un test de succès. La figure 3 montre que les résultats sont effectivement fort cohérents; tout au plus peut-on dire que notre méthode [1] conduit à une légère sous-esti-

mation de l'écart à l'E. T. L., probablement en raison d'une abondance de titane un peu faible dans nos calculs de première approximation.

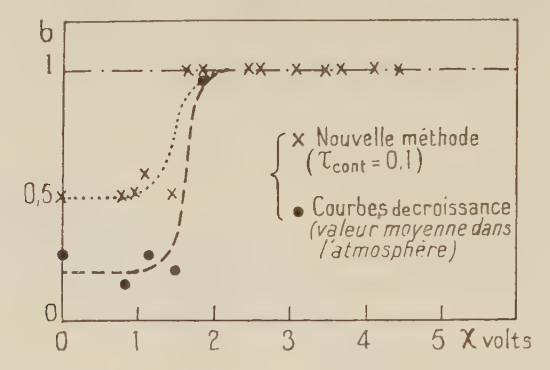


Fig. 3. — Le paramètre b représente le rapport de la population réelle du niveau à sa population boltzmannienne pour la température électronique T_e.

Une autre conséquence de ces remarques est la possibilité de préciser les vitesses dites « turbulentes ». Dans le cas étudié du titane, la comparaison entre les courbes théoriques et empiriques conduit aux valeurs suivantes :

	$v_{turb.}$
Multiplets *a*	2,4 km/s
» *e*	2,4 »
» *g*	3,6 »

Ces valeurs sont plus élevées que les valeurs obtenues précédemment par d'autres auteurs; par ailleurs, elles ne confirment pas la variation de v_{turb} qu'avait trouvée H. Van Regemorter (³) par application de la méthode de Struve et Huang. Il ne faudrait pas cependant accorder trop d'importance aux résultats numériques, en raison des effets possibles des hétérogénéités de la photosphère, effets dont il n'a pas été possible de tenir compte dans cette étude. Ce qui semble par contre établi sans conteste, c'est d'une part que les courbes empiriques de croissance doivent être construites avec soin, *sans forcer la coïncidence entre les courbes obtenues à partir des différents multiplets*; et que d'autre part, l'effet des écarts à l'E. T. L., variables d'un multiplet à l'autre, change notablement l'interprétation des courbes empiriques de croissance, en vue de la détermination des *températures d'excitation*, des *abondances*, et des *vitesses « turbulentes »*, dans la photosphère des étoiles, comme dans celle du Soleil.

(*) Séance du 17 juillet 1957.

(¹) *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 499.

(²) *Ann. Astr.*, 14, 1951, p. 123.

(³) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1536.

(*Observatoire de Paris.*)

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Méthode d'approximation à convergence rapide pour les fonctions d'onde de l'oscillateur anharmonique.* Note de M. **Jean Ruamps**, transmise par M. Jean Cabannes.

Le principe de la méthode décrite consiste à chercher une représentation paramétrique de $\psi_v(x)$ sous la forme $\psi_v = f(X)\,\varphi_v(X)$, $x = x(X)$ où $\varphi_x(X)$ est la fonction d'onde non perturbée et $f(X)$ et $x(X)$ sont des séries entières par rapport au paramètre λ dont dépend la perturbation. Des applications à d'autres problèmes sont possibles.

Soit r la distance internucléaire d'une molécule diatomique; r_e sa valeur à l'équilibre. En prenant $hc\omega_e/2$ comme unité d'énergie, $[1(/2\pi)\sqrt{h/\mu c\omega_2})]$ comme unité de longueur et en développant l'énergie potentielle U en série par rapport à $x = r - r_e$, l'équation de Schrödinger de l'oscillateur anharmonique peut s'écrire

$$-\psi''(x) + (\mathrm{U}(x) - \mathrm{E})\,\psi(x) = 0, \tag{1}$$

avec

$$\mathrm{U}(x) = x^2(1 + \lambda a_1 x + \lambda^2 a_2 x^2 + \ldots).$$

On relie facilement les coefficients $\lambda\alpha_1$ et $\lambda^2 a_2$ aux constantes spectroscopiques par

$$\lambda a_1 = -\left(\sqrt{\frac{2\mathrm{B}_e}{\omega_e}} + \frac{\alpha_e}{3\mathrm{B}_e}\sqrt{\frac{\omega_e}{2\mathrm{B}_e}}\right), \tag{2}$$

$$\lambda^2 a_2 = \frac{5}{4}\lambda^2 a_1^2 - \frac{4}{3}x_e. \tag{2'}$$

Soit $\varphi_v(X)$ la fonction d'onde correspondant au niveau d'énergie $w = 2v + 1$ de l'oscillateur harmonique d'équation

$$-\varphi''_v(X) + [\mathrm{A}(X) - w]\,\varphi_v(X) = 0, \qquad \text{avec}\quad \mathrm{A}(X) = X^2. \tag{3}$$

La ressemblance entre les fonctions d'onde harmonique φ_v et anharmonique ψ_v, de même nombre quantique v suggère une représentation apparentée à celles de Lighthill ([4]), ayant l'une des formes

$$\mathrm{I}\begin{cases}\psi_v = f(X)\,\varphi_v(X),\\ x = x(X)\end{cases} \qquad \text{ou} \qquad \mathrm{II}\begin{cases}\psi_v = g(x)\,\varphi_v(X),\\ X = X(x).\end{cases}$$

Traitons par exemple le cas I. L'équation de Schrödinger (1), après le remplacement de $\varphi''(X)$ par sa valeur tirée de (3), se transforme en

$$\varphi'_v\left[-\frac{2f'}{x'^2} + f\frac{x''}{x'^3}\right] + \varphi_v\left[-\frac{f''}{x'^2} + f'\frac{x''}{x'^3} + \big(\mathrm{U}(x) - \mathrm{E}_v\big)f - \big(\mathrm{A}(X) - w\big)\frac{f}{x'^2}\right] = 0.$$

Nous avons deux fonctions $f(X)$ et $x(X)$ à déterminer; nous pouvons donc

nous imposer une condition supplémentaire et nous débarrasser de φ_v et φ'_v en annulant leurs coefficients. L'annulation du second donne, à un facteur arbitraire près

$$f = \sqrt{x'}. \tag{4}$$

Le remplacement de f par $\sqrt{x'}$ dans l'équation qu'on obtient en annulant le coefficient de φ_v donne alors

$$-\frac{1}{2}x'''x' - \frac{3}{4}x''^2 - x'^2\big(\mathrm{A}(\mathrm{X}) - w\big) + x'^4\big(\mathrm{U}(x) - \mathrm{E}_v\big) = 0. \tag{5}$$

Mettons la fonction $x(\mathrm{X})$ et la valeur propre E sous forme de séries entières en λ,

$$x = \mathrm{X} + \lambda\,\delta_1(\mathrm{X}) + \lambda^2\,\delta_2(\mathrm{X}) + \ldots,$$
$$\mathrm{E}_v = w + \lambda e_1 + \lambda^2 e_2 + \ldots.$$

Après substitution dans (5) et développement en série par rapport à λ, nous pouvons annuler chacun des termes de ce développement. Nous inspirant de la méthode de Sommerfeld, admettons que $\delta_1(\mathrm{X})$ se réduise à un polynome ainsi que la valeur propre e_1. Toutes les équations successives ont même forme,

$$-\frac{1}{2}\delta'''_n + 2\big(\mathrm{A}(\mathrm{X}) - w\big)\delta'_n + \mathrm{A}'(\mathrm{X})\delta_n - e_n = \mathrm{P}_n(\mathrm{X}),$$

P_n étant un polynome en X dans lequel interviennent les divers $\delta(\mathrm{X})$ jusqu'à $\delta_{n-1}(\mathrm{X})$ inclus.

Posant $\lambda = 1$, remplaçant a_2 par sa valeur donnée par (2′) et incorporant le facteur de normalisation N_v de $\psi_v(x)$ dans $f(\mathrm{X})$, on trouve, en se limitant au deuxième ordre

$$(6)\quad \left\{\begin{aligned} x(\mathrm{X}) &= \mathrm{X} - \frac{a_1}{6}(\mathrm{X}^2 + 2w) + \left[(3x_e - a_1^2)\frac{\mathrm{X}^3}{18} + \left(x_e + \frac{2}{9}a_1^2\right)\frac{w\mathrm{X}}{4}\right],\\ \mathrm{N}_v f(\mathrm{X}) &= 1 - \frac{a_1}{6}\mathrm{X} + \left[\left(x_e - \frac{7}{18}a_1^2\right)\frac{\mathrm{X}^2}{4} - \left(3x_e - \frac{2}{9}a_1^2\right)\frac{w}{8}\right],\\ \mathrm{E}_v &= w - \frac{x_e}{2}w^2 + \frac{a_1^2}{4} - \frac{x_e}{2}.\end{aligned}\right.$$

Le calcul jusqu'au 3ᵉ ordre dans le cas particulier de l'oscillateur de Morse $\mathrm{U}(x) = (1/\beta^2)(1 - e^{-\beta x})^2$ donne des énergies E_v identiques à celles données par le calcul de perturbation classique. La valeur du terme du 1ᵉʳ ordre de x confirme l'évaluation récente de ce terme par R. Grandmontagne [4].

Divers essais numériques ont montré la convergence extrêmement rapide de nos développements : par exemple, pour représenter avec des écarts négligeables les fonctions d'onde de Morse correspondant à $v = 2$ et $x_e = 0{,}03$.

[1] *Comptes rendus*, **244**, 1957, p. 2586.
[2] M. E. Pillow, *Proc. Phys. Soc.*, **64**, 1951, p. 772.
[3] D. R. Bates, *Mon. Not. R. Astr. Soc.*, **112**, 1952, p. 614.
[4] *Phil. Mag.*, 7, 1949, p. 1179.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Réalisation d'un traceur automatique d'équipotentielles de formes quelconques.* Note (*) de MM. **Edmond Gudefin** et **Robert Haug**, transmise par M. René de Mallemann.

Après avoir rappelé le principe des traceurs d'équipotentielles quasi rectilignes, on décrit un système permettant le tracé des lignes équipotentielles de forme quelconque par commutation du rôle des moteurs.

Les traceurs de lignes équipotentielles quasirectilignes sont classiques : un moteur entraîne la sonde à vitesse constante dans une direction (balayage); un autre moteur, asservi, maintient la sonde sur la ligne équipotentielle en l'entraînant dans la direction perpendiculaire à la première ([1]), ([2]), ([3]).

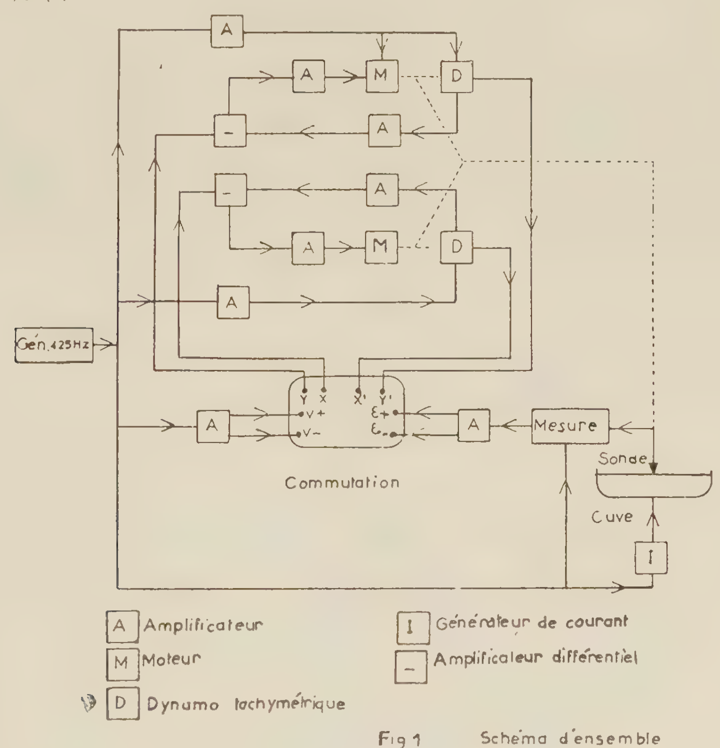


Fig 1 Schéma d'ensemble

Lorsque l'angle de l'équipotentielle avec la direction de balayage devient supérieur à 45°, la vitesse d'asservissement devient plus grande que la vitesse de balayage et devrait être infinie pour un angle de 90°. Si l'on veut tracer des lignes équipotentielles de formes quelconques il faut donc commuter le rôle des moteurs ([4]). Chaque moteur servira suivant le cas au balayage ou à l'asservissement et il y a intérêt à effectuer la commutation au moment où les deux vitesses sont égales pour que la vitesse asservie

soit toujours inférieure à la vitesse de balayage. Les vitesses de balayage étant constantes, l'hodographe du mouvement sera un carré pour une courbe fermée, une portion de carré pour une courbe ouverte.

Les moteurs utilisés sont des moteurs asynchrones diphasés alimentés sous 425 Hz comme la cuve.

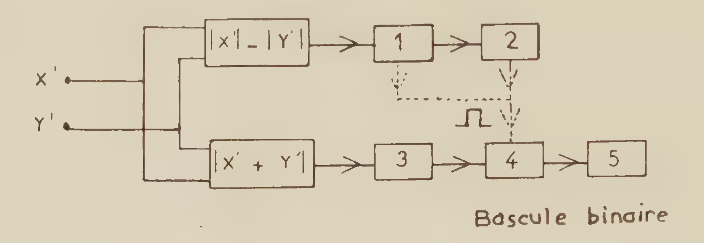


Fig 2 COMMANDE DE COMMUTATION

La comparaison des vitesses de balayage et d'asservissement nécessite une vitesse de balayage parfaitement constante. Celle-ci est obtenue par un servomécanisme de vitesse classique comparant la tension de sortie d'une dynamo tachymétrique à une tension de référence réglable fournie par le générateur à 425 Hz.

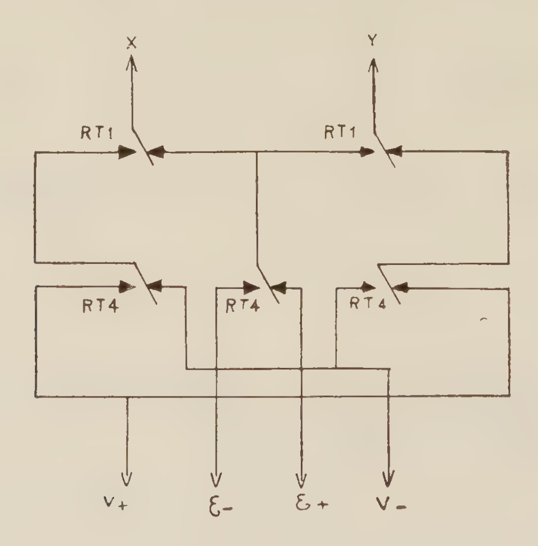


Fig. 3 Commutation 425 Hz

La différence entre la tension de la sonde et celle du curseur du potentiomètre de mesure, amplifiée sélectivement, fournit la tension d'erreur. Cette tension est comparée à celle de la dynamo tachymétrique de la voie

asservie et commande le moteur asservi par une chaîne identique à celle de l'autre voie.

Pour commuter le rôle des moteurs, il suffira donc de permuter la tension d'erreur et la tension de référence à l'entrée des amplificateurs différentiels de chaque voie. La commutation est déterminée par la comparaison des vitesses en grandeur grâce à un système de redresseurs et de relais commandés par thyratrons. Si X' et Y' désignent les tensions fournies par les génératrices, on inverse le rôle des moteurs lorsque $|X'| - |Y'|$ change de signe.

Mais on doit pouvoir parcourir totalement une équipotentielle fermée en conservant toujours un servomécanisme stable. Il faut pour cela inverser au moment de la permutation des moteurs, soit le signe de la vitesse de balayage, soit celui du gain de l'amplificateur d'asservissement.

On doit donc disposer de deux tensions de référence symétrique $+V$ et $-V$ et de deux tensions d'erreur symétriques $+\varepsilon$ et $-\varepsilon$.

La valeur de l'expression $|X' + Y'|$ nous indiquera quelle est la tension dont on doit changer le signe au moment de la commutation.

Soit φ la tension de la génératrice de balayage. Si $|X' + Y'| < \varphi$, les vitesses sont de signes opposés et on doit inverser la polarité de la tension de référence du balayage. Si $|X' + Y'| < \varphi$ les vitesses sont de même signe et on doit inverser la polarité de la tension d'erreur.

Cette commutation est réalisée avec des relais téléphoniques. Les relais (1) à réponse rapide et (2) temporisé fournissent une impulsion. Suivant sa position, le relai (3) bloque ou laisse passer l'impulsion qui commande une bascule binaire constituée par les relais (4) et (5). Les relais (1) et (4) commandent les inversions de polarité.

Un dispositif commandé par des contacts de fin de course permet de plus le tracé des équipotentielles ouvertes.

Le système ainsi réalisé permet le tracé de lignes équipotentielles dans un domaine où le champ ne varie pas dans de trop grandes limites (5 à 30 V/m). L'imprécision du servomécanisme ne dépasse pas 2 mm dans un champ moyen (10 V/m) au moment de la commutation. Un tracé dans les deux sens permet d'ailleurs par interpolation entre les deux courbes expérimentales de réduire considérablement l'erreur.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) MALAVARD, *Technique des analogies électriques. Techniques générales du laboratoire de Physique* (*C. N. R. S.*, 2, 1950, p. 230).

(2) MARVAUD, *Traceurs automatiques de trajectoires utilisant le bassin électrique* (*Thèse*, Paris, 1953).

(3) G. LEHMANN et MOCH, *Archives originales du C. N. R. S.*, 280, 27 avril 1948.

(4) SCHMIDT HEINZ, *Elektrotechnik und Maschinenbau*, 69, n° 7, 1953, p. 156.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Note sur le calcul des moteurs monophasés à bobines-écrans.* Note (*) de M. **Michel Poloujadoff**, présentée par M. Georges Darrieus.

Dans le cas du moteur non saturé à entrefer constant, il est possible de conduire le calcul d'une manière beaucoup plus simple que celles qui ont été proposées, en tenant compte de l'influence des harmoniques. On trouve facilement la répercussion, sur les caractéristiques externes, des modifications constructives.

a. Description. — Nous nous proposons d'étudier le moteur de la figure 1, constitué par un moteur monophasé à cage d'écureuil, à pôles entiers, dont le démarrage est rendu possible par deux bobines en court-circuit S et S' appelées bobines-écrans.

Soit Φ_{13} le flux commun à la bobine-écran et au primaire qui ne passe pas par le rotor, et X_{13} la réactance mutuelle correspondante. Le calcul et l'expérience montrent qu'il existe, pour X_{13} une valeur optimum que l'on a réalisée au moyen de l'entrefer e.

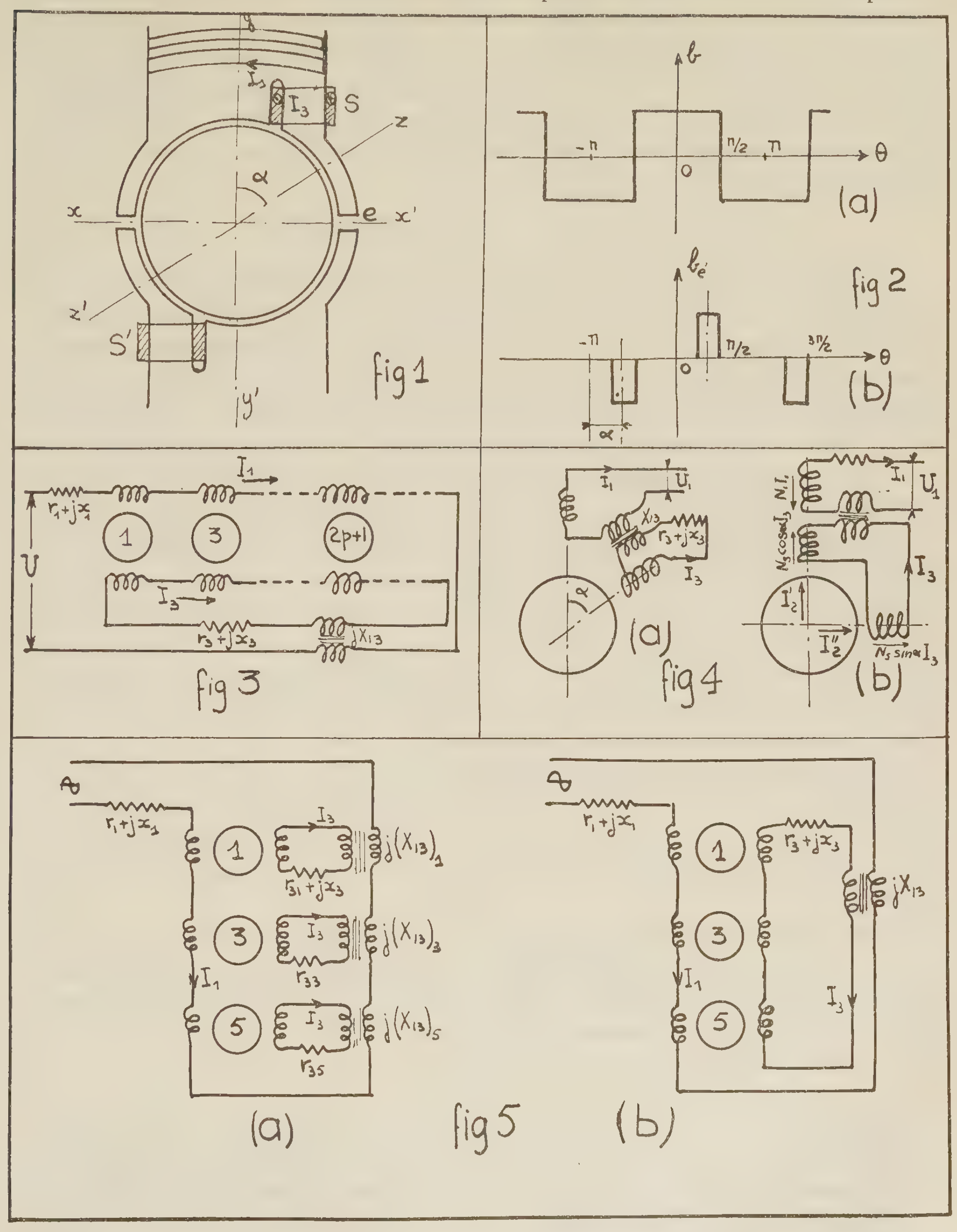
b. Décomposition des enroulements. — Supposons qu'il circule dans l'enroulement primaire, un courant I_1, tous les autres circuits étant supposés ouverts : on obtient, dans l'entrefer, une courbe de répartition du champ en créneaux (*fig.* 2*a*). Cette courbe peut être considérée comme la superposition de courbes harmoniques sinusoïdales obtenues par décomposition en série de Fourier.

Imaginons alors un ensemble d'enroulements fictifs, placés en série, symétriques par rapport à yy', et créant chacun l'une des courbes harmoniques précédentes. Par définition cet ensemble crée, dans l'entrefer, le même champ que l'enroulement réel. Réciproquement, on peut montrer qu'un champ variable quelconque induit, aux bornes de cet ensemble, la même f. é. m. qu'aux bornes de l'enroulement réel. Cet ensemble d'« enroulements harmoniques sinusoïdaux » est donc équivalent à l'enroulement réel. On peut, de la même manière décomposer les bobines en court-circuit en enroulements sinusoïdaux symétriques par rapport à zz' (*fig.* 2*b*).

Or, deux enroulements sinusoïdaux ne peuvent posséder de mutuelle inductance que s'ils sont de même polarité. D'autre part, une cage d'écureuil prend spontanément la polarité du stator. Il en résulte que le moteur réel est équivalent à une infinité de moteurs possédant des enroulements sinusoïdaux et connectés comme l'indique la figure 3, sur laquelle I_1 et I_3 représentent le courant primaire et le courant dans la bobine-écran ; $r_3 + jx_3$ est l'impédance propre de la bobine-écran ramenée au primaire.

c. Étude d'un moteur idéal. — Supposons que l'on puisse remplacer, dans un moteur, les enroulements réels par les seuls enroulements correspondant à l'harmonique un. Un tel moteur est schématiquement représentable par la

figure 4 *a*. L'enroulement en court-circuit (N_s spires) peut être décomposé (*fig*. 4 *b*), en deux enroulements sinusoïdaux possédant $N_s \cos\alpha$ et $N_s \sin\alpha$ spires.



Considérant alors, suivant la théorie du champ transversal, le rotor comme formé de deux enroulements sinusoïdaux décalés de 90° électriques parcourus

par des courants I'_2 et I''_2, on obtient un système de quatre équations à quatre inconnues I_1, I_3, I'_2, I''_2. La résolution pure et simple de ce système conduit à des résultats trop compliqués. Mais nous pouvons remarquer que les inconnues sont proportionnelles à la tension U_1. Si donc nous fixons une valeur arbitraire à l'une des inconnues (ou à une combinaison linéaire des inconnues) et si nous calculons les valeurs I_{1a}, I_{3a}, I'_{2a}, I''_{2a} et U_{1a} de I_1, I_3, I'_2, I''_2 et U_1 correspondant à la valeur arbitraire choisie, nous obtiendrons les solutions de notre système d'équations par

$$I_1 = I_{1a}\frac{U_1}{U_{1a}}, \qquad I_3 = I_{3a}\frac{U_1}{U_{1a}}, \qquad \ldots.$$

Cette méthode permet une étude particulièrement simple des répercussions sur le couple au démarrage et sur la consommation au synchronisme (voisine de la consommation en charge), des variations de r_3 et de X_{13}. En effet, on peut se fixer le courant magnétisant suivant l'axe yy', et tracer le diagramme vectoriel des tensions et des courants; lorsque r_3 varie, X_{13} étant fixe, les divers points du diagramme décrivent des droites ou des cercles, ce qui permet une étude rapide des couples et des puissances, sans même avoir à faire d'hypothèse simplificatrice.

d. Étude d'un moteur réel. — Les travaux de Bojer [*Det Kgl Norske Videnskabers Selskabs Skrifter* (Bruns Bokhandel, Trondheim, Norvège), 1947, n° 5], ont montré que l'on peut se limiter aux trois ou quatre premiers moteurs de la série. Considérons donc un moteur réel caractérisé par des valeurs données de $r_3 x_3$ et X_{13} et fonctionnant à une vitesse donnée. Nous pouvons tracer, pour cette vitesse, le diagramme, à r_3 et X_{13} variables, des courants de trois moteurs harmoniques connectés comme l'indique la figure 5 *a*.

Cherchons alors, par tâtonnement, des valeurs $r_{31} r_{33} r_{35}$, $(X_{13})_1 (X_{13})_3 (X_{13})_5$ telles que $r_{31} + r_{33} + r_{35} = r_3 \, (X_{13})_1 + (X_{13})_3 + (X_{135}) = X_{13}$ et telles que, pour les trois moteurs, le rapport complexe de I_1 et I_3 soit le même. Alors, les figures 5 *a* et 5 *b* sont équivalentes. On peut donc calculer les courants et les couples.

Nous pouvons donc étudier un moteur à bobines écrans à l'aide de calculs assez simples. Le grand avantage de la méthode est que l'on peut évaluer l'influence d'une modification constructive, ou d'une correction, sans avoir à reprendre tous les calculs antérieurs.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

MAGNÉTISME. — *Étude par diffraction de neutrons à 4,2°K de la structure antiferromagnétique de* Cl_2Fe. Note (*) de MM. **André Herpin** et **Pierre Mériel**, présentée par M. Francis Perrin.

Étude de la structure magnétique du chlorure ferreux et ses modifications en présence d'un champ.

Le chlorure ferreux anhydre cristallise dans le système rhomboédrique (groupe de recouvrement D^{5}_{3d}). La maille hexagonale correspondante a pour paramètres :

$$a = 3{,}58\ \text{Å}, \qquad c = 17{,}54\ \text{Å}.$$

Les atomes de fer ont pour coordonnées :

$$(0,\ 0,\ 0),\quad \left(\frac{1}{3},\ \frac{2}{3},\ \frac{2}{3}\right),\quad \left(\frac{2}{3},\ \frac{1}{3},\ \frac{1}{3}\right),$$

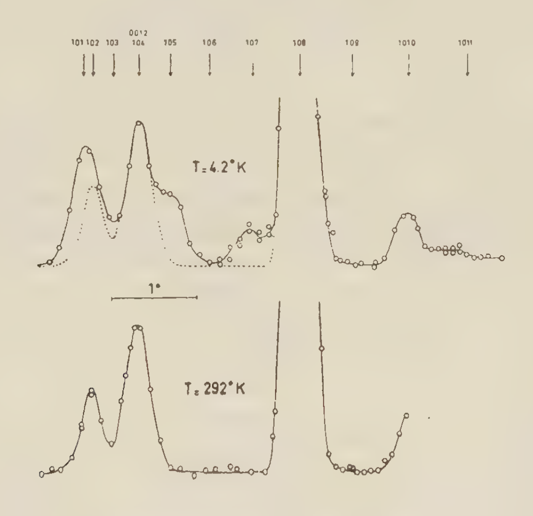
celles des atomes de chlore sont :

$$(0,\ 0,\ \pm u),\quad \left(\frac{1}{3},\ \frac{2}{3},\ \frac{2}{3} \pm u\right),\quad \left(\frac{2}{3},\ \frac{1}{3},\ \frac{1}{3} \pm u\right),$$

u étant voisin de 0,25.

Ce composé est métamagnétique en dessous de 24° K [1], [2]. Une étude par diffraction de neutrons nous a permis de préciser la disposition des moments magnétiques des atomes de fer dans la structure antiferromagnétique et l'influence d'un champ sur cette disposition.

1. La figure 1 montre les spectres obtenus à 4,2° K et à la température ordinaire. On constate qu'à 4,2° K la première raie est notablement plus



Spectres de diffraction de neutrons de $FeCl_2$

Fig. 1.

large et plus intense, et trois nouvelles raies apparaissent. Ces résultats s'interprètent en admettant que les atomes de fer contenus dans un plan réticulaire normal à l'axe c ont tous leurs moments parallèles entre eux, dans la direction de l'axe c, le sens des moments s'inversant d'un plan au plan suivant. Le paramètre c de la maille magnétique devient alors double de celui de la maille nucléaire. Les trois raies nouvelles qui appa-

raissent dans le spectre à 4,2° K sont dues uniquement à la diffraction magnétique. La première raie du spectre doit son élargissement et son accroissement d'intensité au fait qu'elle devient la superposition de deux raies très voisines, l'une nucléaire (la première raie du spectre à 292° K), l'autre magnétique ([3]).

Les intensités des raies magnétiques ont été évaluées par différence entre les spectres obtenus aux deux températures. La figure 2 et le tableau I montrent l'accord entre les intensités mesurées et calculées. Les intensités

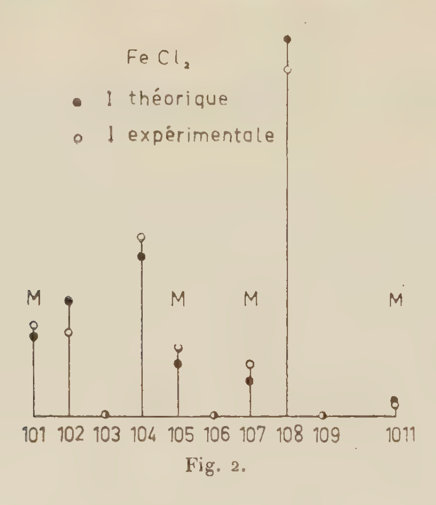


Fig. 2.

des raies magnétiques ont été calculées en prenant la valeur 2 pour le spin de Fe^{++}. La raie (1010), contaminée par la réflexion (111) de l'aluminium constituant le porte-échantillon n'a pas été prise en compte. Les intensités mesurées et calculées ont été normalisées par leur somme. Le facteur

$$R = \frac{\Sigma \mid I_{mes} - I_{calc} \mid}{\Sigma I_{calc}} \quad \text{vaut } 10,7\,\%.$$

TABLEAU I.

Réflexion.	Nature.	$I_{obs.}$	$I_{calc.}$
(101)	Magnétique	247	217
(102)	Nucléaire	227	311
(103)	–	0	0
(0012) / (104)	Nucléaires	481	430
(105)	Magnétique	187	138
(106)	–	0	0
(107)	Magnétique	137	93
(108)	Nucléaire	1 939	2 025
(109)	–	0	0
(1010)	Non mesurée	–	–
(1011)	Magnétique	29	33

(Les réflexions sont indexées par rapport à la maille magnétique.)

2. Nous avons étudié l'influence d'un champ magnétique parallèle au vecteur de diffusion sur l'intensité de la raie (107). Nous avons également calculé cette variation en n'utilisant qu'une seule constante d'anisotropie K et en supposant, comme l'a fait L. Néel [2], que $K/nM^2 = 0,25$, n étant la constante de champ moléculaire et M l'aimantation. Sur la figure 3, on a

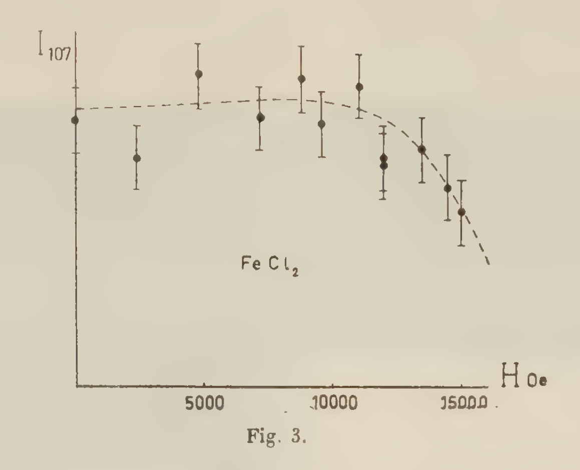


Fig. 3.

porté les points expérimentaux et, en tirets, la courbe théorique, le champ critique étant choisi égal à 8,5 kOe de façon à obtenir le meilleur accord. Cette valeur, certainement un peu faible, est de l'ordre de celle qu'on peut déduire des mesures magnétiques [1].

(*) Séance du 17 juillet 1957.

[1] Starr, Bitter et Kaufmann, *Phys. Rev.*, 58, 1940, p. 977.

[2] L. Néel, *Xe Conseil Solvay*, 1954, p. 251, Stoops, Bruxelles, 1955.

[3] Nous avons appris que M. K. Wilkinson et J. W. Cable [*Bull. Am. Phys. Soc.*, (2), 1, n° 4, 1956, p. 190] ont obtenu pour cette structure antiferromagnétique des résultats semblables aux nôtres. (Note ajoutée à la correction des épreuves.)

RÉSONANCE PARAMAGNÉTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Mesure du second moment de raies de résonance paramagnétique à fort rétrécissement d'échange*. Note (*) de M. **Jacques Hervé**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Introduction. — Dans une précédente Publication [1], j'ai proposé une méthode nouvelle de mesure directe des moments en résonance paramagnétique. Son principe met en œuvre un spectrographe à balayage sinusoïdal; on fait l'analyse harmonique d'un signal synthétique : il est identique au signal naturel de résonance pendant les demi-périodes « aller » du balayage et à l'opposé de ce signal pendant les demi-périodes « retour »

(*fig.* 1). Le second moment (exprimé en termes de champ magnétique), est donné par la formule

$$\overline{(H - H_0)^2} = \frac{\Delta H^2}{4}\left(1 - \frac{a_3}{a_1}\right), \quad (1)$$

où ΔH est l'amplitude de balayage, a_1 et a_3 sont les composantes du signal synthétique respectivement à la fréquence de balayage et au triple de cette fréquence.

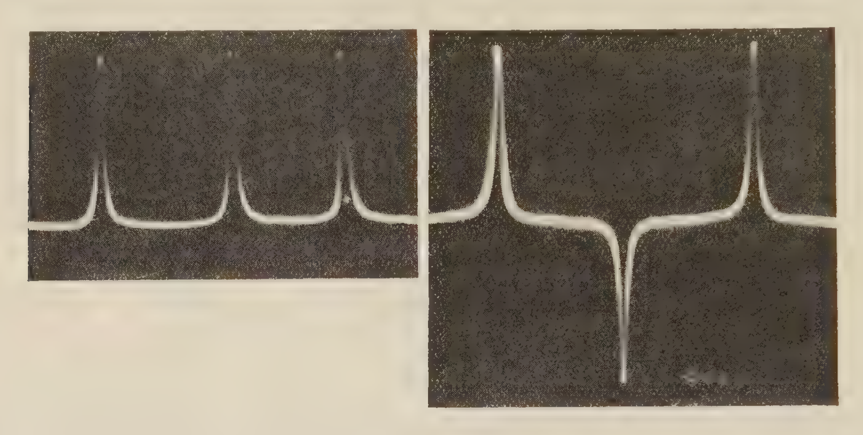


Fig. 1. — Signal naturel (*à gauche*) et signal synthétique (*à droite*), relevés à l'oscilloscope. Balayage linéaire en temps; durée totale, 0,03 s.

Je décris ici une réalisation de ce dispositif et j'indique les résultats qu'il m'a permis d'obtenir sur des raies fortement rétrécies par échange : celle du diphénylpicrylhydrazyl (DPPH) et celle d'un charbon de sucre.

2. Dispositif expérimental. — 1° *Réalisation du signal synthétique.* — Le spectrographe, classique, opère dans la bande des 3 cm; le balayage est assuré par le secteur 50 c/s. Le signal de résonance naturel, après

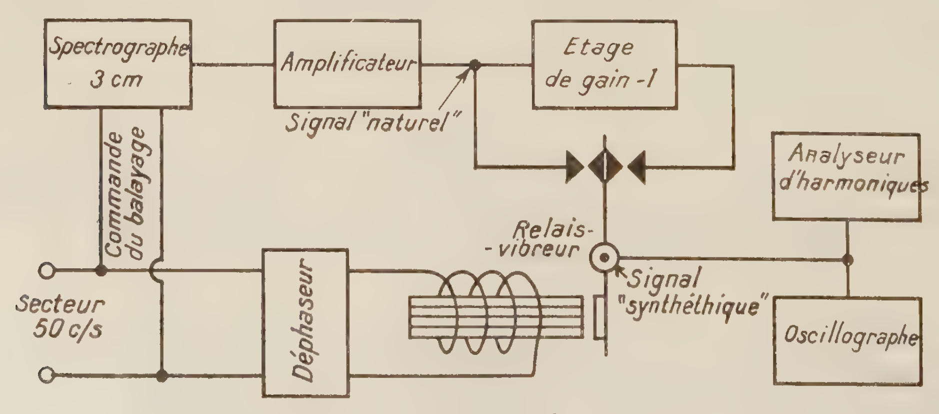


Fig. 2. — Dispositif expérimental.

amplification, passe dans un étage dont le gain est l'unité en valeur absolue et qui inverse le signe du signal (*fig.* 2). Un relais-vibreur, du type polarisé,

réalise le signal synthétique par commutation entre l'entrée et la sortie de l'étage de gain — 1, suivant l'arrangement représenté figure 2. La figure 1 montre le signal obtenu.

2° *Mesure des composantes harmoniques.* — Elle est réalisée par un analyseur d'harmoniques de haute précision, General Radio n° 736-A.

3° *Mesure de l'amplitude de balayage.* — Elle doit être faite à l'intérieur de la cavité du spectrographe pour tenir compte de l'effet de blindage. On a employé à cet effet une bobine étalonnée de 6 mm de diamètre et 2 900 tours; on a vérifié l'exactitude en mesurant aussi la variation de champ magnétique continu nécessaire pour déplacer une raie de résonance paramagnétique d'un bord à l'autre du balayage.

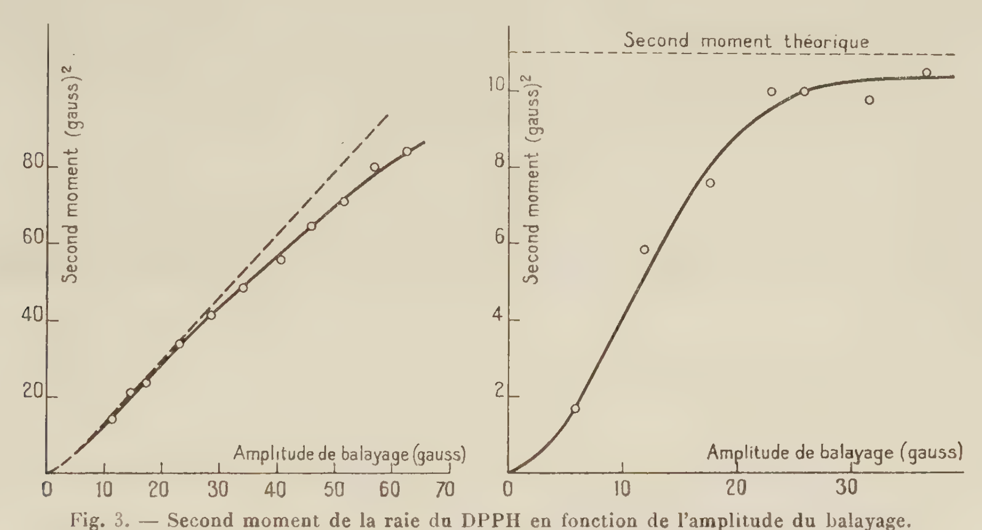


Fig. 3. — Second moment de la raie du DPPH en fonction de l'amplitude du balayage.

Fig. 4. — Second moment de la raie du charbon en fonction de l'amplitude du balayage.

3. Résultats. — J'ai étudié d'abord les raies du DPPH (en poudre, pour éviter l'effet d'anisotropie) et d'un charbon de sucre. Les figures 3 et 4 donnent les résultats obtenus pour le second moment en fonction de l'amplitude de balayage. La valeur théorique du second moment, qui correspondrait à un balayage infini, est donnée par l'ordonnée de l'asymptote horizontale de ces courbes.

1° *Interprétation de la courbe du DPPH* (*fig.* 3). — La courbe reste nettement ascendante dans tout le domaine étudié et ne permet pas de déterminer l'asymptote : le second moment théorique serait très élevé; le résultat est en accord avec l'existence d'une importante interaction d'échange. On sait [2] que cette interaction diminue la largeur à mi-hauteur, mais est sans influence sur le second moment. Le second moment résulte de l'interaction dipôle-dipôle seule et est très supérieur au carré de la demi-largeur. Pour le DPPH la formule de Van Vleck donnerait un second

moment de 3 000 (gauss)^2 environ ([3]), ([4]). Sur le même graphique est tracée en pointillés, la courbe correspondant à la forme de Lorentz pure ayant même largeur à mi-hauteur. On voit que la forme de Lorentz permet d'interpréter les résultats pour les balayages inférieurs à 30 gauss; mais ensuite la courbe expérimentale tourne sa concavité vers le bas et s'écarte de la forme de Lorentz. Cette forme de la raie de DPPH, lorentzienne au centre, mais plus aplatie dans les ailes, a été signalée déjà par J. A. Martin ([5]) à 30 Mc, à partir de photographies directes.

2° *Interprétation de la courbe du charbon de sucre* (*fig.* 4). — Il s'agit de glucose carbonisé, scellé sous vide, puis recuit ([6]). La raie est très étroite (0,3 gauss); le balayage est donc relativement plus grand et l'on peut déterminer l'asymptote et en déduire un second moment de (11 ± 2) gauss^2. La valeur du second moment nous permet un dosage des centres paramagnétiques. Les formules de J. H. Van Vleck ([2]), ([7]) relient en effet le second moment au nombre n de centres paramagnétiques par centimètre cube :

$$\overline{(\mathrm{H}-\mathrm{H}_0)^2} = 5,1\,\mathrm{S}(\mathrm{S}+1)\,(g\beta n)^2.$$

Dans le cas présent, on trouve $n = (1,0 \pm 0,2).10^{20}$ centres/cm^3.

Cette méthode de dosage évite les fastidieuses mesures *absolues* d'intensité de raie.

(*) Séance du 17 juillet 1957.

([1]) J. Hervé, *Comptes rendus*, **244**, 1957, p. 1475.

([2]) J. H. Van Vleck, *Phys. Rev.*, **74**, 1948, p. 1168.

([3]) A. N. Holden, C. Kittel, F. R. Merritt et W. A. Yager, *Phys. Rev.*, **77**, 1950, p. 147.

([4]) C. H. Townes et J. Turkevich, *Phys. Rev.*, **77**, 1950, p. 148.

([5]) *Diplôme d'études supérieures*, Paris, 1954.

([6]) R. Gabillard, *Archives des Sciences*, **9**, 1956, p. 316.

([7]) P. W. Anderson et P. R. Weiss, *Rev. Mod. Phys.*, **25**, 1953, p. 269.

OPTIQUE. — *Utilisation d'un interféromètre de Fabry-Perot enregistreur dont les miroirs sont des filtres interférentiels identiques.* Note (*) de M. **René Dupeyrat**, transmise par M. Jean Cabannes.

L'étude de l'interféromètre à filtres interférentiels oblige à préciser la définition de la *finesse* réflectrice. Nous donnons les courbes calculées de l'analyse d'un groupe de deux raies dont une est dans la bande de transparence, et des enregistrements correspondants.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons signalé rapidement l'intérêt de l'interféromètre de Fabry-Perot dont les miroirs sont des filtres interférentiels identiques. Il convient de remarquer que la définition de la finesse utilisée n'est pas valable pour plusieurs raisons : d'abord la formule ([2]) $N_R = \pi\sqrt{R}/(1-R)$

est utilisable seulement pour R grand, ensuite l'expression générale de la finesse

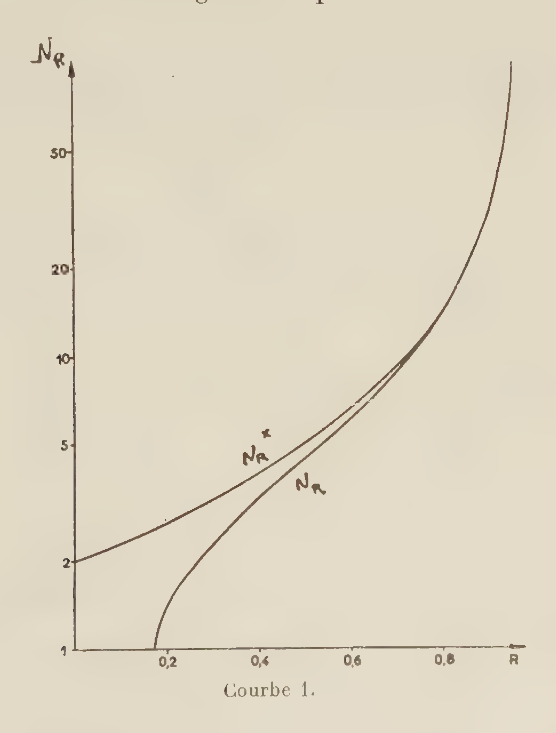
$$N_R = \frac{2\pi}{4 \operatorname{arc\,sin} \dfrac{1-R}{2\sqrt{R}}}$$

n'a pas de sens pour un contraste $C < 2$, ou $R < 0,17$.

Kazuo Miyake [3] a donné une définition de la finesse qui est plus générale que celle utilisée habituellement et qui correspond d'ailleurs aux mesures réellement effectuées sur les enregistrements ; selon cet auteur, la finesse est le rapport de l'intervalle entre ordres, à la largeur à hauteur moyenne $(I_M + I_m)/2$ de l'image d'une raie monochromatique. L'expression générale de cette finesse est

$$N_R^* = \frac{2\pi}{4 \operatorname{arc\,sin} \dfrac{1}{\sqrt{2}} \dfrac{1-R}{\sqrt{1+R^2}}}$$

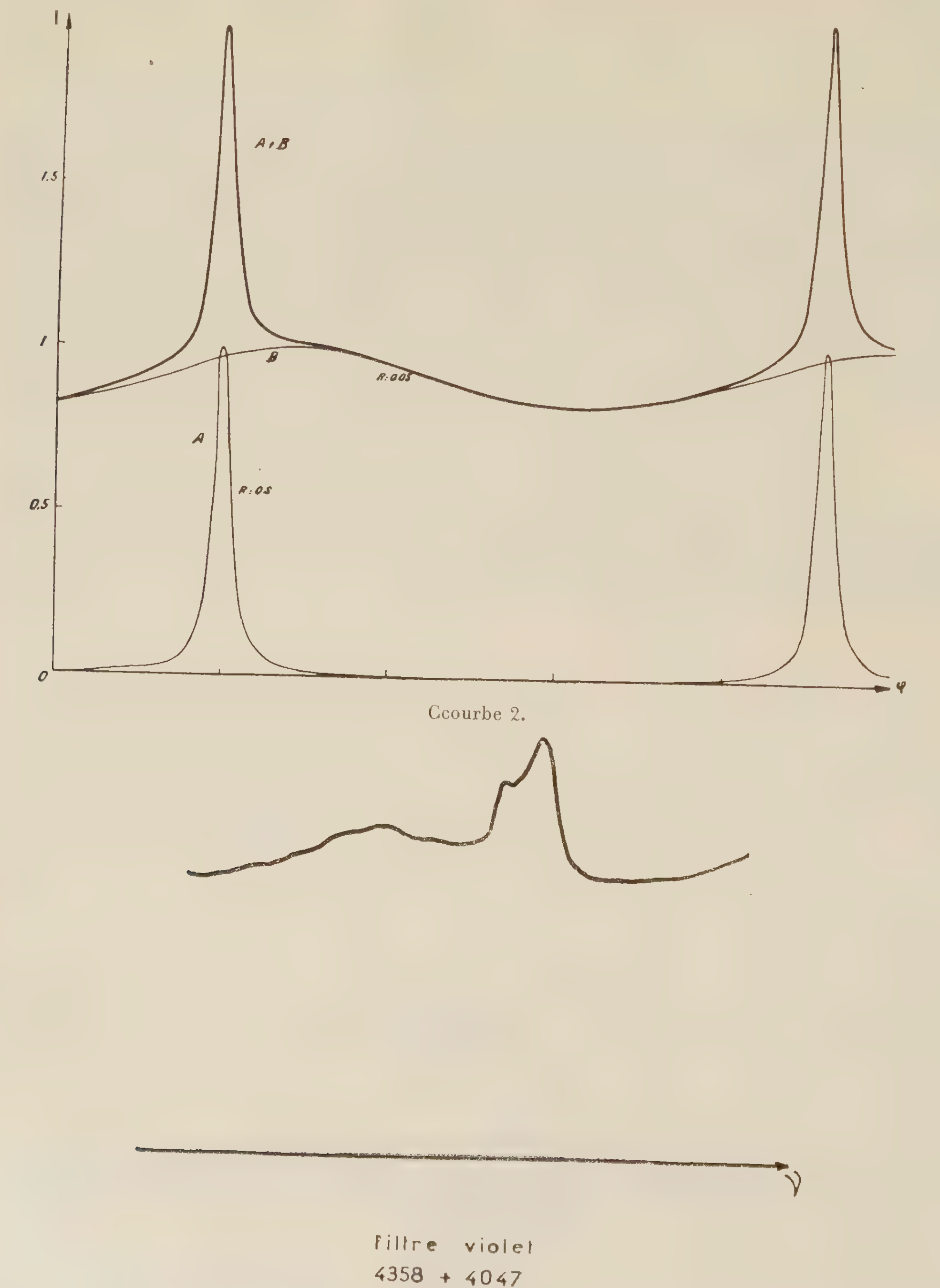
pour R voisin de 1, l'expression de la finesse devient $N_1^* = \pi/(1-R)$ pour R tendant vers zéro, $N_0^* = 2$. Ces résultats sont clairement représentés par la courbe 1, en coordonnées semi-logarithmiques.



Courbe 1.

Les courbes 2, construites point par point, donnent en coordonnées I, φ, A, B et A + B [1] ; la courbe B diffère de celle très schématique donnée dans la Note précédente à partir des valeurs trouvées pour la finesse.

La courbe 3 donne l'enregistrement des raies 4358 et 4047 Å du mercure obtenu avec l'interféromètre enregistreur.



Ccourbe 2.

Courbe 3.

En utilisant cette nouvelle définition de la finesse on arrive à la conclusion suivante : ce procédé d'enregistrement d'une raie voisine d'une raie parasite,

que l'on cherche à éliminer, conserve la finesse de la raie bien que le contraste soit diminué. La raie parasite apparaît comme un « ghost » très étalé.

Comme cela nous a été signalé par Chabbal on aurait des résultats analogues, mais complémentaires en utilisant des miroirs à couches multiples réalisés pour une certaine longueur d'onde λ, de part et d'autre de λ; le filtre a l'avantage de réduire la largeur du domaine spectral dans lequel le facteur de réflexion est très faible.

Pour obtenir de bons résultats par ce procédé, il convient de réaliser d'excellents filtres pour lesquels la transparence soit très voisine de 1. Comme cela a été signalé (4), (5), il est nécessaire que la première couche soit une couche de bas indice.

(*) Séance du 22 juillet 1957.
(1) R. Dupeyrat, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 2299.
(2) A partir de cette Note nous nous efforcerons d'utiliser les notations indiquées par Chabbal, *Thèse*, 1957.
(3) *Science of light*, 4, 2, 1955, p. 113-119.
(4) Epstein, *J. Opt. Soc. Amer.*, 42, n° 11, 1952, p. 805.
(5) D. Lagarde et R. Dupeyrat, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1980.

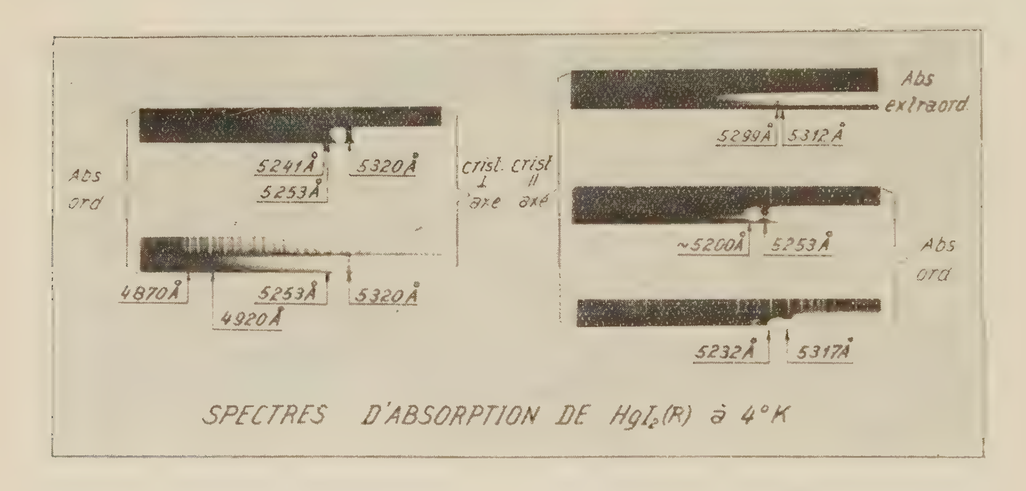
SPECTROSCOPIE. — *Sur le dichroïsme du spectre de raies de monocristaux très minces de* I_2Hg *rouge aux très basses températures.* Note (*) de MM. Manuel Sieskind et Serge Nikitine, présentée par M. Gustave Ribaud.

Étude expérimentale du dichroïsme du spectre de raies de monocristaux de I_2Hg rouge très purs aux très basses températures. Cette étude confirme entièrement et complète les résultats obtenus précédemment par les auteurs et s'oppose formellement aux objections soulevées par Gross et ses collaborateurs (1).

Dans une étude antérieure (2), nous avons montré que, à la température de l'azote liquide (77° K), le spectre d'absorption de monocristaux de I^2Hg rouge est dichroïque. Le spectre extraordinaire se compose d'une raie d'absorption vers 5 330 Å, suivie d'un palier limitant une absorption continue de plus courtes longueurs d'onde; le spectre ordinaire comprend une absorption continue dont le bord coïncide avec une raie située vers 5 367 Å. Toutefois, l'épaisseur trop grande des cristaux étudiés (quelques dizaines de microns) ne nous avait pas permis d'étudier ce dichroïsme d'une façon détaillée aux températures plus basses de l'hydrogène (20° K) et de l'hélium (4° K) en ébullition. Nous avons donc repris ces travaux sur des cristaux beaucoup moins épais, préparés synthétiquement par évaporation rapide d'une solution saturée de I_2Hg rouge (spectroscopiquement pur de Johnson-Matthey) dans l'acétone Merck pour analyse.

L'épaisseur des cristaux obtenus par cette méthode était de l'ordre de 5 μ et ils se classaient en deux catégories : les uns rouges, non dichroïques, étaient perpendiculaires à l'axe tandis que les autres, jaunes orangés, présentaient dès la température ordinaire un dichroïsme net et étaient parallèles à l'axe. Ainsi, examinés par transmission en lumière polarisée, ils montraient pour une certaine position du polariseur la même coloration rouge que les cristaux perpendiculaires à l'axe et pour la position perpendiculaire du polariseur, ils apparaissaient jaunes.

Nous avons étudié ces cristaux aux températures de l'hydrogène et de l'hélium en ébullition et de l'hélium pompé (1,5° K). Cette partie de nos expériences a été effectuée au laboratoire A. Cotton à Bellevue.



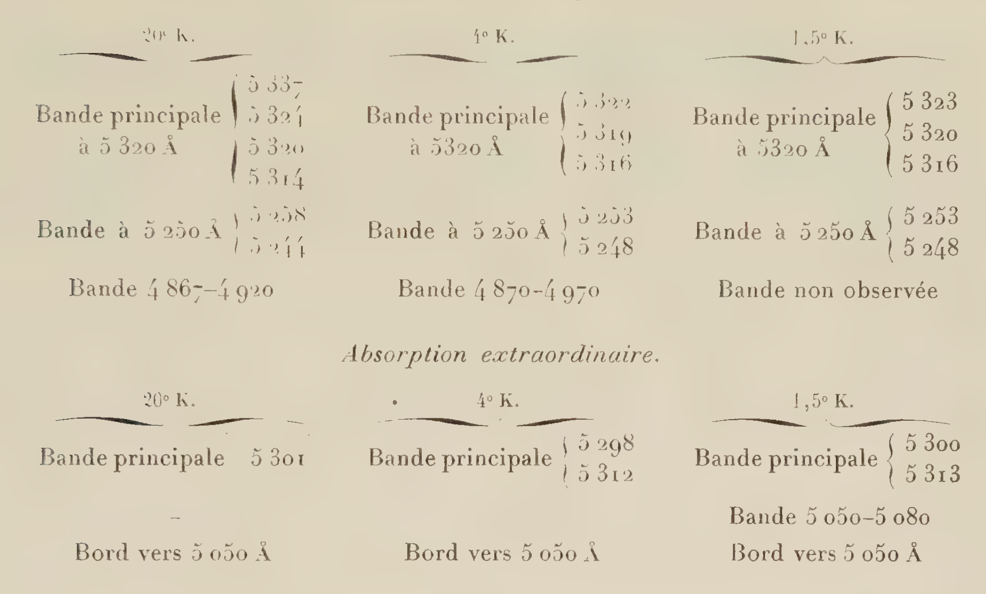
SPECTRES D'ABSORPTION DE HgI_2(R) à 4°K

D'une manière générale, le spectre d'absorption des cristaux perpendiculaires à l'axe se compose d'une forte bande d'absorption principale vers 5 320 Å présentant une structure de raies, suivie d'une bande moins intense vers 5 250 Å, également résolue en raies, puis d'une absorption continue débutant vers 5 200 Å dans laquelle apparaît une nouvelle bande d'absorption située vers 4 900 Å, tandis que le spectre extraordinaire de cristaux parallèles à l'axe totalement différent, montre des raies plus fines situées vers 5 300 Å et une absorption continue débutant vers 5 050 Å.

Nous avons également étudié l'absorption ordinaire des cristaux parallèles à l'axe. Dans tous les cas, nous avons observé la bande à 5 250 Å et dans quelques cas seulement la bande à 5 320 Å. Il est probable que ces cristaux étaient alors trop minces pour observer la raie 5 320 Å. D'ailleurs l'intensité des autres raies et en particulier la raie extraordinaire 5 300 Å est également beaucoup plus faible que dans le cas des cristaux plus épais étudiés précédemment. D'autre part, la bande à 5 250 Å apparaît plus intense que la bande à 5 320 Å, contrairement à ce qu'on observe pour les cristaux perpendiculaires à l'axe. Une telle inversion du rapport des

intensités de raies pour des épaisseurs décroissantes a déjà été signalée pour d'autres substances.

Les tableaux suivants résument les résultats obtenus.



Absorption ordinaire (cristaux perpendiculaires à l'axe).

20° K.		4° K.		1,5° K.	
Bande principale à 5 320 Å	5 337 5 324 5 320 5 314	Bande principale à 5320 Å	5 322 5 319 5 316	Bande principale à 5320 Å	5 323 5 320 5 316
Bande à 5 250 Å	5 258 5 244	Bande à 5 250 Å	5 253 5 248	Bande à 5 250 Å	5 253 5 248
Bande 4 867–4 920		Bande 4 870-4 970		Bande non observée	

Absorption extraordinaire.

20° K.		4° K.		1,5° K.	
Bande principale	5 301	Bande principale	5 298 5 312	Bande principale	5 300 5 313
–				Bande 5 050–5 080	
Bord vers 5 050 Å		Bord vers 5 050 Å		Bord vers 5 050 Å	

Ces dernières expériences confirment donc les premiers résultats que nous avions obtenus et qui sont en désaccord avec ceux publiés par Gross et Collaborateurs [1]. Ce groupe de chercheurs n'a pas observé les raies ordinaires et attribue incorrectement la raie 5 300 Å au spectre ordinaire.

Il est donc maintenant bien établi que, dans certains cristaux uniaxes, les raies et bandes d'absorption de l'exciton peuvent être polarisées. Ceci semble être également le cas pour I_2Pb et SCd [3].

On peut encore noter que le spectre d'absorption comprend en première approximation un doublet polarisé à angle droit, formé des raies 5 300-5 320 Å, comme nous l'avions déjà prévu théoriquement [4].

Nous avons observé, d'autre part, les spectres d'émission et de réflexion de ces mêmes cristaux, qui sont également polarisés et qui seront publiés prochainement.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

(1) E. F. Gross et A. A. Kapliansky, *J. T. Phys.*, 25, 1955, p. 1661; 25, 1955, p. 2061; E. F. Gross et A. A. Kapliansky, *Isv. Acad. Naouk U. R. S. S.*, 21, 1957, p. 220.

(2) S. Nikitine et M. Sieskind, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1324.

(3) S. Nikitine et G. Perny, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 64; E. F. Gross, B. C. Pasbirine et M. A. Jacobson, *J. T. Phys.*, 27, 1957, p. 1149 et 207.

(4) J. Barriol, S. Nikitine et M. Sieskind, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 790.

RAYONS X. — *Les formes des discontinuités d'absorption* M *de l'or*. Note (*) de M. **Chintamani Mande**, présentée par M. Francis Perrin.

Étude des formes des discontinuités d'absorption M_{III}, M_{IV} et M_V de l'or métallique. On trouve que la forme de M_{III} ressemble à celle de L_{III} et que les discontinuités M_{IV} et M_V se décomposent en trois chutes successives.

Il est important de connaître les formes des discontinuités d'absorption M des métaux lourds, d'une part pour obtenir des informations directes sur la distribution des états d'énergie dans les bandes de conductibilité de ces métaux et d'autre part pour clarifier ce que l'on appelle l'anomalie des niveaux M_{IV} et M_V de certains atomes (1), (2). Comme j'avais déjà étudié les formes des discontinuités d'absorption L de l'or (3), (4), Mlle Cauchois m'a demandé de mener à bien une étude qu'elle avait commencé sur les discontinuités M de ce métal. J'ai donc fait une analyse systématique des formes des discontinuités M_{III}, M_{IV} et M_V; les discontinuités M_I et M_{II} étant extrêmement peu marquées il n'a pas été possible de déterminer leurs formes. Une mesure de la discontinuité M_I de l'or a été publiée par un seul auteur (5) et la discontinuité M_{II} de l'or n'a jamais été mesurée jusqu'à maintenant.

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Les spectres ont été obtenus avec le spectrographe à focalisation par réflexion sous vide de Mlle Y. Cauchois (6). La discontinuité M_{III} a été étudiée en premier ordre avec un cristal de quartz (taille Curie) en utilisant les plans $(1\,1\bar{2}0)$, tandis que les discontinuités M_{IV} et M_V étaient obtenues en premier ordre avec un autre cristal de quartz (taille parallèle à la face) en utilisant les plans $(1\,0\bar{1}0)$. Cependant, quelques clichés des discontinuités M_{IV} et M_V ont aussi été pris par Mlle Cauchois en deuxième ordre avec un cristal de gypse et en troisième ordre avec un cristal de mica. Plusieurs écrans d'or battu et d'or évaporé sous vide d'épaisseurs différentes entre environ 0,2 et 0,5 μ ont été utilisés dans ce travail.

Comme dans cette région spectrale, la dispersion varie fortement d'un point à l'autre du cliché, on ne peut faire des mesures précises avec la méthode d'interpolation linéaire. Nous avons donc utilisé la formule de P. Haglund [7] déduite de la géométrie du spectrographe. Les mesures ont été faites sur les microphotogrammes de grandissement 7 obtenus à partir des clichés avec un microphotomètre de Kipp modifié au Laboratoire.

Les figures 1, 2 et 3 montrent respectivement les formes des discontinuités d'absorption M_{III}, M_{IV} et M_{V}. On voit que la forme de la discontinuité M_{III} ressemble à celles des discontinuités L_{II} et L_{III} et que les discontinuités M_{IV} et M_{V} se décomposent en trois chutes A, B et C. Les mesures des discontinuités, à $\pm$ 1 u. X. près, sont données dans le tableau I.

TABLEAU I.

Discontinuité.		λ (u. X.)	ν/R	E (eV)	ΔE (eV)
M_{III}		4 509	202,10	2 743,5	— 1,5
M_{IV}	A	5 363	169,92	2 306,6	12,6
	B	5 340	170,65	2 316,6	22,6
	C	5 321	171,26	2 324,8	30,8
M_{V}	A	5 572	163,54	2 220,1	12,1
	B	5 545	164,34	2 230,9	22,9
	C	5 521	165,06	2 040,6	32,6

Dans la dernière colonne de ce tableau, sont indiquées les différences ΔE entre les énergies de ces discontinuités d'absorption obtenues expérimentalement et les énergies des niveaux correspondants calculées à partir du niveau L_{III} par M[lle] Y. Cauchois [8]. On notera que ΔE est négligeable pour M_{III}, mais que ces différences sont considérables pour toutes les trois chutes des absorptions M_{IV} et M_{V}. Une discussion complète n'est pas possible dans le cadre limité de cette Note, mais on pourrait probablement dire que la discontinuité M_{III} représente une transition vers la limite de Fermi comme on le suppose généralement pour L_{III} et que les chutes A, B et C représentent respectivement les transitions d'absorption vers des états p, $d+f$ et f dans la distribution des états de conductibilité normalement inoccupés.

Du côté des grandes énergies, nous trouvons trois maxima pour chacune de ces discontinuités. On compare dans le tableau II les positions des

TABLEAU II.

Max.	d. L_{III}	d. M_{III}
I	–	6,2
II	12,8	12,8
III	24,5	23,8

d, distances en électrons-volts à partir des points d'inflexion.

TABLEAU III.

Max.	d. M_{IV}	d. M_{V}
I	6,7	7,4
II	19,2	17,4
III	32,3	30,6

d, distances en électrons-volts à partir des points C.

maxima de M_{III} avec ceux de L_{III}. La concordance pour les deux dernières structures est remarquable, compte tenu de la précision de ces mesures. Nous n'avons pas pu observer le premier maximum dans la discontinuité L_{III}, évidemment à cause de la dispersion relativement mauvaise dans cette région. Dans le tableau III sont indiquées les distances des maxima des discontinuités M_{IV} et M_{V} à partir des points C, points d'inflexion des chutes principales.

Notons que parmi les travaux antérieurs seul celui de W. Polaczek (9) indique la forme de la discontinuité M_{V} et uniquement de M_{V}. Bien qu'elle trouve que M_{V} tombe en trois temps, elle n'a pas donné la structure fine de la discontinuité vers les grandes énergies. De plus, un décalage considérable apparaît entre nos mesures et celles de cet auteur.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) Y. Cauchois, *J. Phys. Rad.*, **14**, n° 1, 1953, p. 73 S.
(2) J. Friedel, *Proc. Phys. Soc.* (London), **66**, n° 1, 1953, p. 333.
(3) C. Mande, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1205.
(4) C. Mande, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 755.
(5) A. J. M. Johnson, *Phys. Rev.*, **34**, 1929, p. 1106.
(6) *J. Phys. Rad.*, **6**, 1945, p. 89.
(7) *Arkiv. Mat. Astron. och Fysik*, **28 A**, n° 8, 1941.
(8) *J. Phys. Rad.*, **13**, 1952, p. 113.
(9) *Sitz. Akad. Wiss. Wien*, **2 a**, **148**, 1939, p. 81.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude de l'excitation et l'autoionisation du cortège électronique accompagnant la capture* K *de* ^{71}Ge. Note (*) de M. **Michel Langevin**, transmise par M. Frédéric Joliot.

L'étude au moyen d'un compteur proportionnel de la probabilité de création d'une double lacune dans la couche K au cours de la capture K conduit à la valeur $P_2 = 1,33.10^{-4} \pm 0,15$, la probabilité partielle d'autoionisation étant

$$P_{eject} = 0,78.10^{-4} \pm 0,07.$$

Ces deux valeurs sont en parfait accord avec la théorie de Primakoff et Porter.

L'excitation du cortège électronique consécutive au changement de charge du noyau peut conduire, dans les désintégrations par capture électronique, à une double lacune dans la couche K accompagnée ou non d'une ionisation de l'atome résultant. L'intensité de ce phénomène a été déterminée théoriquement par H. Primakoff et F. T. Porter d'une part, et par J. S. Levinger d'autre part (1), (2).

Au point de vue expérimental, les études ont porté jusqu'à présent sur les désintégrations par capture de ^{55}Fe et de ^{37}A (3), (4), (5). Nous avons étudié ce phénomène pour la capture K de ^{71}Ge élément de numéro

atomique plus élevé (Z = 32). Le compteur proportionnel utilisé a été réalisé d'après le modèle construit pour la mesure du rapport capture L/capture K de ^{71}Ge ([6]).

Le phénomène étudié étant d'intensité très faible, nous avons cherché à diminuer au maximum le mouvement propre du compteur. Les dimensions ont été réduites à 3 cm de diamètre et à une longueur utile de 8 cm.

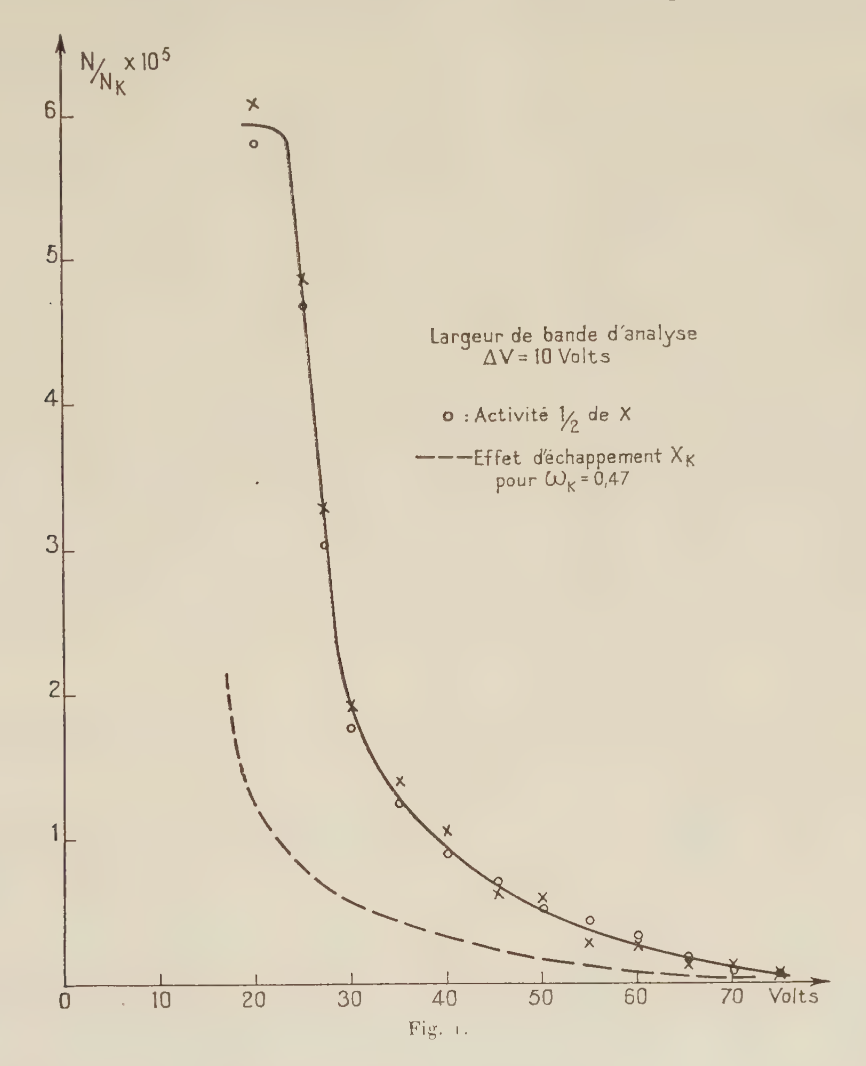


Fig. 1.

Ce compteur a été placé à l'intérieur d'une couronne de compteur Geiger-Müller en anticoïncidence elle-même protégée par une enceinte parallélépipédique de plomb d'épaisseur 5 cm doublée à l'intérieur par une plaque de cuivre pur de 1 cm d'épaisseur.

La répartition en énergie du mouvement propre obtenu dans ces conditions dépend étroitement de la pression de remplissage et, dans la zone d'énergie étudiée (E > 20 keV), ce mouvement propre diminue rapi-

dement avec la pression. Un remplissage de propane à la pression de 30 cm de mercure permet de réduire le mouvement propre à une impulsion par minute pour la zone d'énergie supérieure à 20 keV tout en limitant l'effet paroi à une valeur inférieure à 5 % pour les électrons Auger étudiés.

La source de ^{71}Ge obtenue par irradiation d'oxyde de germanium à la pile Zoé a été incorporée en faible quantité au gaz du compteur sous forme de tétrahydrure de germanium gazeux. Dans ces conditions expérimentales,

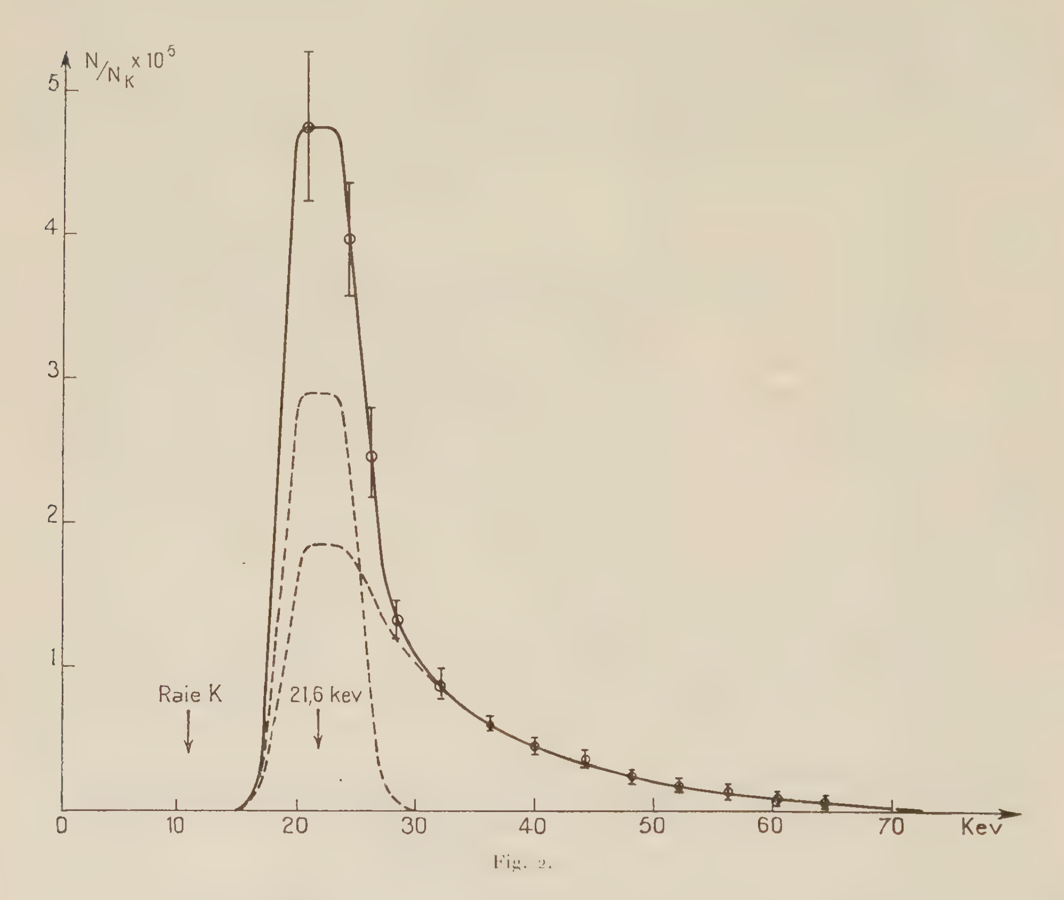


Fig. 2.

on observe une raie très intense de largeur à mi-hauteur 15 % et d'énergie 10,4 keV correspondant à l'émission d'un électron Auger K de l'atome de gallium et au réarrangement consécutif.

Les résultats expérimentaux obtenus au moyen d'un sélecteur d'amplitude à bande dans la zone d'énergie supérieure à 20 keV ont été représentés sur la figure 1 après déduction du mouvement propre. Malgré la faible constante de différenciation utilisée dans les circuits électroniques, les phénomènes d'empilement fortuit de deux impulsions provenant de la raie de 10,4 keV sont à craindre. Pour éviter cet empilement, nous avons utilisé pour chaque mesure des activités d'autant plus faibles qu'on se

rapprochait de l'énergie double de celle de la raie intense. On a vérifié qu'avec les activités utilisées (comprises entre 5 000 et 80 000 impulsions/mn pour l'intensité N_K de la raie de 10,4 keV) l'intensité relative N/N_K reste constante à chaque énergie pour une activité variant du simple au double, ce qui permet d'affirmer que le phénomène d'empilement est négligeable. La mesure faite à faible activité au moyen d'un sélecteur d'amplitude à 50 canaux confirme, mais avec une précision moindre, les résultats précédents.

Les photons X_K du gallium n'étant pas détectés par le propane du compteur, ces résultats ont été corrigés de l'effet d'échappement en tenant compte du rendement de fluorescence ω_K du gallium. Les résultats obtenus pour $\omega_K = 0,47$ (7) correspondant à l'émission de deux électrons Auger K, sont donnés par la figure 2. On distingue une raie d'énergie environ 21,5 keV, dont la forme a été extrapolée par analogie avec la raie K principale, correspondant à la formation d'une double lacune dans la couche K avec déplacement du deuxième électron K sur une couche extérieure non remplie de l'atome. Le spectre continu correspondant à la formation d'une double lacune avec transfert d'une partie de l'énergie de la transition sur l'électron K éjecté est, lui aussi, mis en évidence et la forme obtenue correspond à la forme théorique donnée par Primakoff et Porter pour $Z = 32$ et une énergie de désintégration de 226 keV. La probabilité totale, par désintégration, de formation d'une double lacune dans la couche K est alors, en tenant compte de l'échappement des X_K du gallium,

$$P_2 = 1,33 \pm 0,14.10^{-4}$$

et la probabilité partielle avec émission d'un électron

$$P_{\text{éject}} = 0,78 \pm 0,07.10^{-4}.$$

Ces valeurs sont en parfait accord avec les valeurs théoriques de Primakoff et Porter : $P_2 = 1,23.10^{-4}$ et $P_{\text{eject}} = 0,74.10^{-4}$ obtenues avec $\alpha = 2/3$ et $\gamma = 0,5$.

Les valeurs expérimentales de P_2 et P_{eject} ont été obtenues en admettant en première approximation que le rendement de fluorescence K correspondant à une couche K complètement vide reste peu différent du rendement ω_K admis pour une seule lacune de la couche K.

(*) Séance du 17 juillet 1957.

(1) *Phys. Rev.*, **89**, 1953, p. 930.

(2) *Phys. Rev.*, **90**, 1953, p. 11.

(3) F. T. Porter et H. P. Hotz, *Phys. Rev.*, **89**, 1953, p. 938.

(4) G. Charpak, *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 243.

(5) J. A. Miskel et M. L. Perlman, *Phys. Rev.*, **94**, 1954, p. 1687.

(6) M. Langevin et P. Radvanyi, *J. Phys. Rad.*, **16**, 1955, p. 509 et 516.

(7) J. Laberrigue-Frolow et P. Radvanyi, *J. Phys. Rad.*, **17**, 1956, p. 944.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Distribution angulaire dans la diffusion inélastique de neutrons rapides.* Note (*) de MM. **Victor Naggiar**, **Gérald C. Phillips**, Mme **Monique Roclawski-Conjeaud** et Mlle **Dolly Szteinsznaider**, présentée par M. Francis Perrin.

Par une technique de coïncidences neutron-gamma, nous avons mesuré l'asymétrie par rapport à 90° dans la diffusion inélastique des neutrons par ^{56}Fe à 1,50, 1,58 et 1,66 MeV, ainsi que la distribution angulaire de la diffusion inélastique des neutrons par ^{127}I à 1,15 MeV. L'asymétrie observée dans le cas de l'iode est trop faible pour constituer la preuve d'un processus d'interaction directe.

L'hypothèse d'une interaction directe entre nucléon et noyau sans formation préalable d'un état intermédiaire du « noyau composé » a été discutée dans de récents travaux ([1]), ([2]).

La distribution angulaire de neutrons rapides de 1,5 à 2,5 MeV diffusés inélastiquement par le fer ([3]), ([4]) est asymétrique par rapport à 90°. Cependant, la variation rapide de l'asymétrie quand on fait varier l'énergie incidente, laisse supposer qu'elle résulte d'interférences entre résonances de parités différentes du noyau composé plutôt qu'elle ne prouve une contribution d'interaction directe.

Utilisant une technique différente de la technique de temps de vol qui a servi dans les travaux précédemment cités, nous avons d'abord mesuré l'asymétrie de distribution angulaire dans la diffusion inélastique du fer à 1,50-1,58 et 1,66 MeV.

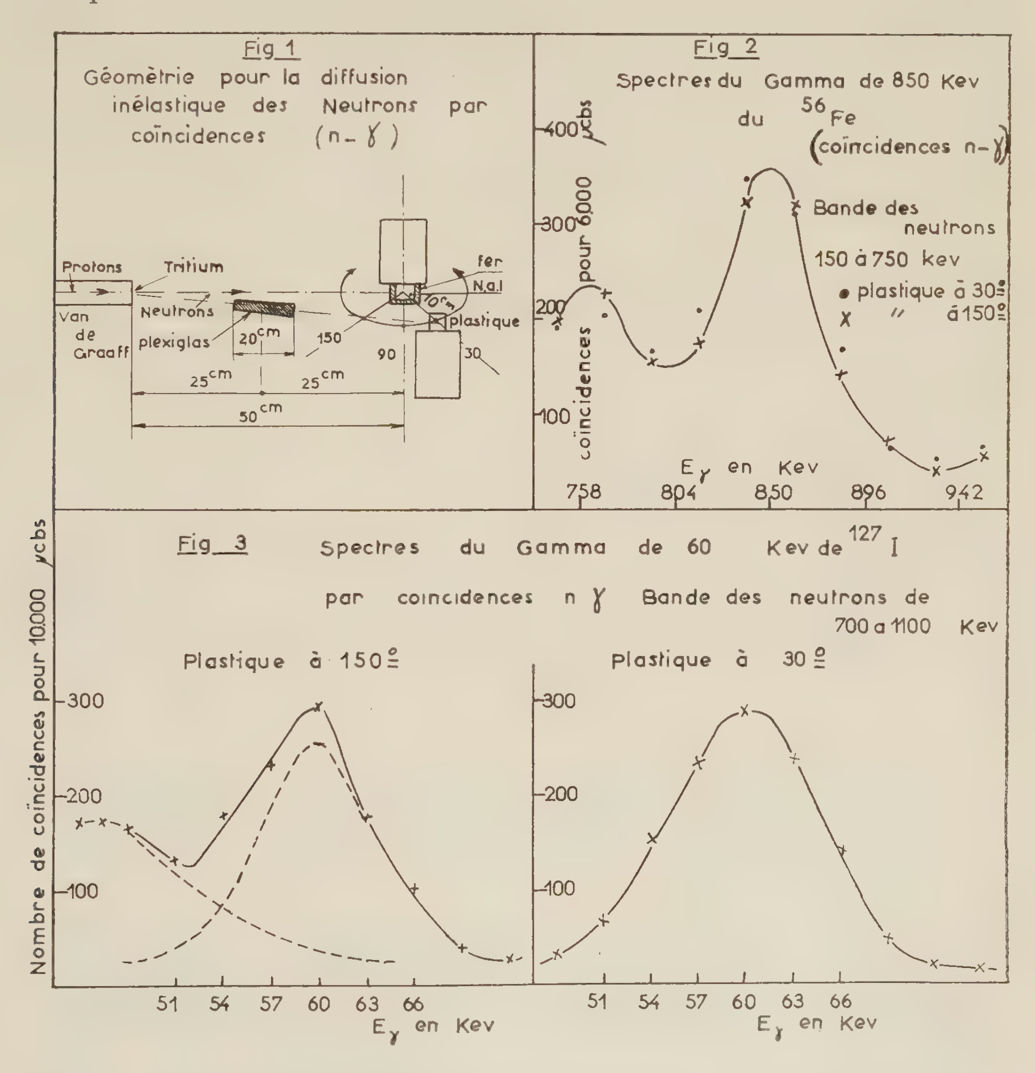
Les protons accélérés au Van de Graaff de Saclay bombardent une cible de tritium adsorbé sur titane constituant une source de neutrons dont la dispersion d'énergie est de l'ordre de 60 keV. Le diffuseur de fer, sous forme d'un cylindre creux de 1 cm d'épaisseur, entoure un cristal INa(Tl) de 3,8 × 3,8 cm (*fig.* 1). A 10 cm du cristal, un plastique scintillant, mobile, détecte le neutron diffusé. La sélection des neutrons diffusés inélastiquement est obtenue par la coïncidence neutron-γ. Les photomultiplicateurs sont du type EMI 6097. Le spectre γ analysé par un premier sélecteur à 10 canaux sert de moniteur de neutrons. Un sélecteur à une bande découpe une région convenable du spectre d'impulsions issu du détecteur à neutrons. Avec un temps de résolution de 2×10^{-8} s, le dispositif de coïncidences débloque un deuxième sélecteur à 10 canaux qui analyse le même spectre γ que le premier sélecteur. Pendant chaque mesure, les coïncidences fortuites sont comptées grâce à un autre dispositif de coïncidences comportant un retard de 10^{-7} s sur l'une des voies. La figure 2 représente un spectre du γ de 850 keV du ^{56}Fe en coïncidence avec le neutron diffusé inélastiquement à 30 ou à 150°. Dans cet exemple, le spectre direct n'ayant pas varié, le

comptage sous le pic pour chaque position donne directement l'asymétrie 30°/150°.

Nous obtenons, en fonction de l'énergie incidente, les valeurs suivantes du rapport 30°/150° :

E_n (MeV)	1,50	1,58	1,66	
	0,72	1,12	1,10	±0,10

La variation rapide de l'asymétrie, jointe à l'allure de la courbe d'excitation du γ de 850 keV qui décèle des résonances du composé comportant un rapport pic/vallée de près de 1,25 ne permet pas d'assigner l'effet observé à un processus d'interaction directe.



Dans une deuxième série d'expériences, nous avons étudié la diffusion inélastique de neutrons de 1,15 MeV sur l'iode en utilisant un cristal INa

de 2,5 × 2,5 cm comme diffuseur. Le γ du niveau de 60 keV étant détecté dans tout l'angle solide, on élimine ainsi tout effet de corrélation angulaire γ-neutron. L'effet d'interférence dû à des résonances voisines, du composé, est peu probable pour ce noyau; les expériences de transmission en neutrons lents indiquent que les résonances ont un espacement moyen de quelques dizaines d'électron-volts et la courbe d'excitation du γ de 60 keV de l'iode ne présente que des accidents très atténués. La bande du sélecteur d'analyse des neutrons s'étend de 700 à 1100 keV de manière à n'enregistrer que les neutrons inélastiques correspondant au niveau de 60 keV. Nous avons vérifié que les cascades provenant du niveau de 200 keV ne contribuent aux coïncidences enregistrées que par une faible correction. La figure 3 représente le spectre de coïncidence de ce γ quand le plastique se trouve à 30 ou à 150° (5). Après correction due à la variation d'efficacité du détecteur avec l'énergie des neutrons diffusés inélastiques, nous trouvons pour la distribution angulaire dans le centre de masse :

10°	20°	30°	60°	90°	120°	150°	
1,085	1,055	1,025	0,95	0,855	0,88	0,945	± 0,05

soit une asymétrie 30°/150° de 1,085 ± 0,05.

Pour pouvoir conclure à un effet d'interaction directe, il faut augmenter la précision des mesures et faire varier l'énergie incidente.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) J. R. LAMARSH et H. FESHBACH, *Phys. Rev.*, **104**, 1956, p. 1633.

(2) S. T. BUTLER, *Phys. Rev.*, **106**, 1957, p. 272.

(3) L. CRANBERG et J. S. LEVIN, *Phys. Rev.*, **103**, 1956, p. 343.

(4) C. O. MUEHLHAUSE, S. D. BLOOM, H. E. WEGNER et G. N. GLASOE, *Phys. Rev.*, **103**, 1956, p. 720.

(5) Quand l'angle du plastique avec les neutrons incidents est supérieur à 90°, il se manifeste un pic dont l'énergie de l'ordre de 30 keV est fonction de l'angle de diffusion. Ce pic serait dû au recul de l'atome de sodium dans le cristal lors d'une diffusion élastique du neutron.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Polarisation des électrons émis par* ^{35}S. Note (*) de Mmes **HÉLÈNE LANGEVIN-JOLIOT** et **NADINE MARTY**, transmise par M. Frédéric Joliot.

La polarisation des rayons β d'énergie 128 keV ($v/c = 0,6$) émis par une source de ^{35}S (transition $\Delta J = 0$, non) a été trouvée égale à $-0,38 \mp 0,1$. Différents effets sont susceptibles de diminuer la polarisation du faisceau, notament celui de l'épaisseur de la source.

Nous avons étudié la polarisation des électrons émis par une source de ^{35}S (E_{max} 168 keV) à l'aide du dispositif expérimental décrit dans une

Note précédente (1). La méthode consiste à transformer la polarisation longitudinale initiale des rayons β en polarisation transversale par courbure de la trajectoire des électrons dans un champ électrique, puis à analyser cette polarisation par diffusion sur une feuille d'or.

Le support de source et un diaphragme ont été modifiés par rapport à l'expérience précédente, de façon à diminuer au maximum la diffusion des électrons au voisinage de la source. D'autre part, l'épaisseur de la feuille d'aluminium séparant les compteurs en coïncidence a été portée à 2.2 mg/cm², ce qui permet d'éliminer les électrons diffusés parasites de faible énergie (inférieurs à 40 keV). La source, d'environ 10 mC, était disposée sur un film de LC 600 de 50 μg/cm², son épaisseur moyenne était de 1 mg/cm².

Les mesures ont été faites pour des électrons de 128 keV ($v/c = 0,6$), l'intensité de la source n'étant pas suffisante pour nous permettre d'étudier des électrons plus énergiques.

L'asymétrie droite-gauche du faisceau déterminée d'après l'étude de la diffusion sur une feuille d'aluminium est : $\sigma_d/\sigma_g = 1,075 \pm 0,055$.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Énergie des électrons.	$\frac{v}{c}$.	Épaisseur de la feuille d'or.	$\frac{\sigma_g}{\sigma_d}$.	P.
128 keV......	0,6	260 μg/cm²	$1,37 \mp 0,145$	$-0,4 \mp 0,14$
»	–	350 »	$1,33 \mp 0,145$	$-0,37 \mp 0,14$

La désintégration β de ^{35}S est classée dans les transitions permises $\Delta J = 0$, non, les états initial et final étant vraisemblablement $d\,3/2$. Le rapport des carrés des éléments de matrice relatifs aux interactions Gamow Teller et Fermi est, en appliquant le modèle en couche strict de l'ordre de 3/5 (2).

Suivant les hypothèses théoriques envisagées, la polarisation des électrons de ^{35}S peut prendre les valeurs suivantes :

1° dans l'interaction de Fermi, comme dans l'interaction de Gamow-Teller, la parité n'est pas conservée et l'interaction de Fermi est une interaction scalaire; la polarisation des électrons est alors très sensiblement v/c;

2° dans l'interaction de Fermi et de Gamow-Teller, la parité n'est pas conservée et l'interaction de Fermi est une interaction vectorielle conduisant à une polarisation longitudinale positive, en sens inverse de celle due au terme de Gamow-Teller (3). On doit alors pour ^{35}S s'attendre à une polarisation faible et positive, ou nulle, ou éventuellement très faiblement négative, suivant l'importance relative des éléments de matrice;

3° dans l'interaction de Fermi, la parité est conservée (4), on doit alors avoir une polarisation négative de l'ordre de 3/8 de v/c.

Les résultats que nous avons obtenus sont en contradiction avec la

deuxième hypothèse et par contre, sont compatibles avec les hypothèses (1) et (3).

Toutefois, nous avons observé, lors de l'étude de ^{90}Sr (transition $\Delta J = 2$ oui) au moins deux effets expérimentaux importants suceptibles de conduire à des polarisations apparentes trop faibles : d'une part la diffusion des électrons par le support de source, que nous pensons avoir éliminé, d'autre part, la diffusion des électrons dans la matière de la source elle-même.

Ainsi, nous avons obtenu avec une source de ^{90}Sr de plusieurs milligrammes par centimètre carré une polarisation de $-0,1 \pm 0,12$ seulement à 200 keV ($v/c = 0,7$) alors que nous observions à 260 keV ($v/c = 0,74$) une polarisation de $-0,41 \pm 0,09$. D'une façon générale, on peut dire que la polarisation apparente plus faible du faisceau est due, au moins partiellement à l'épaisseur de la source si lorsqu'on étudie la polarisation d'électrons de vitesse v/c croissante, la polarisation obtenue croît plus rapidement que v/c. Nous nous proposons d'appliquer cette méthode à l'étude de ^{35}S, en utilisant des sources plus intenses et autant que possible d'épaisseur plus faible.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

(1) H. Langevin-Joliot, N. Marty et P. Sergent, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 3142.

(2) R. Nataf, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 3144.

(3) C. N. Yang, Communication privée.

(4) Alder, Stech et Winker; H. Frauenfelder et A. O. Hansen; N. Levine, A. Rossi et G. de Pasquali (Communication privée de C. N. Yang).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure des seuils (p, n) des isotopes de molybdène, complétant la systématique des différences de masse des isobares molybdène-technetium.* Note (*) de Mlle **Claudine Latapie**, Mmes **Christiane Levi**, **Lily Papineau** et Mlle **Noelle Saunier**, présentée par M. Francis Perrin.

La mesure permettent de compléter les données sur l'énergie de liaison du dernier neutron des molybdènes. On obtient des indications sur le remplissage régulier et la fermeture marquée de la couche $d\,5/2$, et l'écart (> 1 MeV des niveaux à particules $d\,5/2 - g\,7/2$. Les niveaux d'environ 700 keV de ^{95}Mo et ^{97}Mo seraient à rapprocher de ceux d'isotopes voisins pairs de Mo et impairs de Nb.

L'étude expérimentale des noyaux du zirconium au ruthénium comporte encore de nombreuses lacunes et l'interprétation des résultats est loin d'être cohérente. On trouve dans cette région les justifications parmi les meilleures du modèle des couches, telles que les transitions isomériques $p\,1/2$-$g\,9/2$. Mais on a signalé depuis longtemps un grand nombre de particularités expérimentales, dont certaines semblaient rendre compte de propriétés collectives du noyau, par exemple l'isomérie de ^{93}Mo (1).

Si l'expérience met clairement en évidence la couche saturée de 50 neutrons rien de précis n'est connu sur le remplissage des couches $d5/2$ et $g7/2$.

L'étude des niveaux excités des noyaux à neutron impair révèle bien un certain nombre de transitions de « particule », mais pour une minorité de cas. L'existence d'un niveau vers 750 keV dans la plupart des isotopes de Mo, pairs ou impairs, et dans les isotopes impairs de Nb, fait penser à une excitation de type collectif.

Dans le cadre d'une étude des niveaux excités des noyaux impairs de molybdène, nous avons mesuré les seuils (p, n) de tous les isotopes de Mo, afin de disposer de la série complète des différences de masse des doublets isobares Mo-Tc. Les mesures ont été effectuées au Van de Graaff de Saclay par la méthode décrite dans (2) sur des isotopes préparés avec le séparateur de Saclay utilisant la monochromation double.

Le résultat de nos mesures est reporté dans la colonne 1 du tableau.

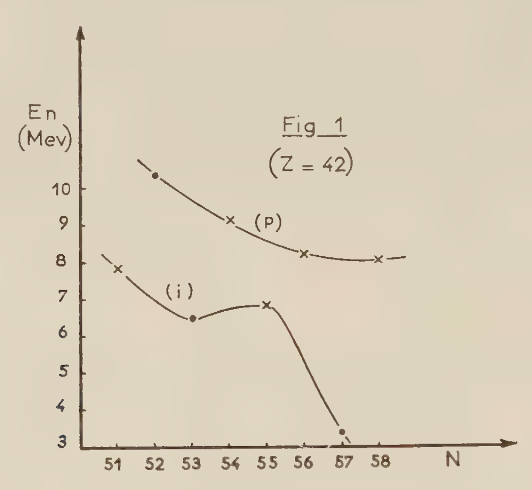
		1.	2.	3.	4.
A.	N.	E_s.	$E_n - E_{p\,43}$.	E_n.	$E_{p\,43}$.
93	51	–	3,98 (3)	7,9 (7)	3,9
94	52	$> 4,8$	5,38 (4)	–	(4,8)
95	53	$2,47 \pm 0,03$	2,47	–	(4,4)
96	54	$3,75 \pm 0,05$	3,75	9,2 (7)	5,4
97	55	$2,95 \pm 0,05$	2,95	6,9 (7)	4
98	56	$3,25 \pm 0,05$	3,25	8,3 (7)	5
99	57	–	$-0,58$ (5)	–	
100	58	$3,20 \pm 0,05$	3,20	8,1 (8)	4,9
101	59	–	$-1,25$ (6)	–	–

E_s, seuil (p, n) en MeV;
$E_0 = E_{max}$ du spectre β;
Δm, masse noyau Tc — masse noyau isobare Mo;
$\Delta m = E_0 + mc^2$;
E_n, $E_{p\,43}$, énergie de liaison du dernier neutron de Mo, du 43e proton de Tc isobare (en MeV);
$E_n - E_{p\,43} = \Delta m + mc^2 + 0,788 = E_s$.

Nos mesures indiquent une énergie disponible suffisante pour permettre la désintégration β^+ de ^{97}Tc, ^{98}Tc, ^{100}Tc. La période et l'énergie disponible de ^{97}Tc conduisent à un log ft incompatible avec les spins déduits de la désintégration de ^{97}Nb. Il serait bon de reprendre la recherche de la radioactivité β^+ et capture K de ces noyaux.

Nous avons porté dans la colonne 3 et sur la figure 1 les valeurs des énergies de liaison déterminées directement (croix). Elles nous ont permis de calculer E_{p43} (colonne 4). On voit que E_{p43} est de l'ordre de 4 MeV pour les noyaux impairs de Tc et de 5 MeV pour les noyaux pairs. L'écart de 1 MeV pourrait rendre compte de l'interaction proton impair-neutron impair. Nous admettons $E_{p43} = 5$ MeV pour ^{94}Tc et $E_{p43} = 4$ MeV pour ^{95}Tc et ^{99}Tc, cette hypothèse semble confirmée par les valeurs de E_{p43} publiées par Feather (9) (entre parenthèses sur le tableau).

Soit (p) la courbe reliant les points de N pair et (i) celle reliant les points de N impair. La différence des ordonnées entre un point de la courbe (p) et le point précédent de la courbe (i) représente l'énergie de formation (P) de la paire de neutrons correspondante, lorsque le neutron impair et la paire se trouvent sur la même couche [10]. Lorsque la paire se forme sur une couche différente (de spin plus élevé) de celle du neutron impair, la différence des ordonnées comporte des termes rendant compte de l'écart entre les deux couches et de la différence entre les énergies de formation de paire sur ces couches.



On remarque la chute brutale de E_n du 57e neutron et l'augmentation de l'écart entre les deux courbes après 56 n ce qui fait penser à un effet de couche saturée que la faible section efficace (n, γ) de ^{98}Mo laissait prévoir.

Nous avons interprété les énergies de liaison de 51 à 58 neutrons dans le cadre du modèle des couches, en faisant l'hypothèse que l'énergie de formation de paire représente uniquement l'énergie de couplage d'une paire, c'est-à-dire, qu'il n'y a pas de modification de structure de l'ensemble $42p + 50n$. Les résultats de la figure 1 ont été ainsi confrontés aux différentes possibilités de remplissage de couches de neutrons.

Les spins mesurés 5/2 + de 51 à 59 neutrons font penser d'abord à un remplissage par paires g 7/2 [10]. Nous écartons le cas où cela aurait lieu à partir de 52 n parce que les résultats conduisent à des conclusions incohérentes.

Si nous supposons qu'entre 51 et 56 n le remplissage de la couche d 5/2 est régulier, trois hypothèses se présentent pour la suite :

1° La couche g 7/2 se remplit régulièrement;

2° Le 57e n se trouve sur s 1/2, très proche de g 7/2 où se formera la paire;

3° Le 57e n forme une paire $g\ 7/2$ aux dépens de la 3e paire $d\ 5/2$, le 58e n reforme la paire $d\ 5/2$.

Dans les trois cas les résultats indiquent que *l'écart des niveaux* $d\ 5/2$-$g\ 7/2$ *est toujours supérieur à* 1,1 MeV; il faut en conclure que les niveaux de 760 keV de ^{95}Mo et 670 keV de ^{97}Mo ne sont pas des niveaux « à particule » $g\ 7/2$. Nous pensons qu'il faut les rapprocher des niveaux de même énergie d'isotopes voisins pair-pair de Mo et impair-pair de Nb. L'intérêt d'atteindre la nature de ces états excités, sans doute dus à un phénomène collectif, nous semble d'autant plus grand que nous sommes dans une région où les propriétés dues aux couches sont par ailleurs particulièrement nettes. Remarquons que seul ^{93}Mo $(50+1)n$, ne possède pas de niveau en dessous de 1,35 MeV, et que parmi les niveaux connus un seul peut s'interpréter à l'aide d'un modèle à particule indépendante et devrait être de spin $g\ 7/2$ ([3]).

Les autres résultats s'interprètent bien à l'aide du modèle des couches.

a. Le remplissage le plus probable est celui qui découle de la suite de niveaux $d\ 5/2$, $s\ 1/2$, $g\ 7/2$; les niveaux $s\ 1/2$ et $g\ 7/2$ étant très proches. C'est le seul qui rende compte du spin 1/2 de ^{99}Mo et permette d'expliquer la réapparition ensuite du spin 5/2.

b. Le grand écart $d\ 5/2$-$g\ 7/2$ rend sans doute compte d'un couplage spin-orbite augmentant fortement l'écart $d\ 5/2$-$d\ 3/2$; $g\ 7/2$ étant lui-même relevé par cet effet; la couche $d\ 5/2$ se trouverait de ce fait dans une position isolée.

c. Il faut noter que l'énergie de formation de la première paire $g\ 7/2$ n'est jamais inférieure à 4,7 MeV.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

([1]) M. Goldhaber, *Phys. Rev.*, **89**, 1953, p. 1146.
([2]) C. Levi et L. Papineau, *Comptes rendus*, **244**, 1957, p. 1358.
([3]) C. Levi et L. Papineau, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2313.
([4]) J. M. Hollander, I. Perlman, G. T. Seaborg, *Rev. Mod. Phys.*, **25**, 1953, p. 469.
([5]) J. Varma et C. E. Mandeville, *Phys. Rev.*, **94**, 1954, p. 91.
([6]) G. D. O'Kelley, Q. V. Larson et G. E. Boyd, *Bull. Amer. Phys. Soc.*, **2**, n° 1, 1957, **24**, G 5.
([7]) D. M. Van Patter et W. Whaling, *Rev. Mod. Phys.*, **26**, 1954, p. 402.
([8]) W. A. Butler et G. M. Almy, *Phys. Rev.*, **91**, 1953, p. 58.
([9]) N. Feather, *Advances in Physics*, **2**, n° 6, 1953, p. 141.
([10]) M. Gœppert Mayer, *Elementary theory of nuclear Shell structure*, 69, 1955, p. 24 et 69.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Spectre α du bismuth* 212 (ThC). Note (*) de M. **Robert J. Walen** et Mme **Geneviève Bastin-Scoffier**, présentée par M. Francis Perrin.

Mise en évidence d'une nouvelle raie α_6 d'intensité 10^{-5} de l'intensité globale. On propose d'attribuer une régularité de différences énergétiques à une famille de niveaux de vibration.

Le ^{212}Bi (ThC) est le premier des émetteurs α sur lequel ait été démontrée l'existence d'une structure fine ([1]) en 1929. Depuis lors, par suite de la facilité de préparation de ce corps, son spectre de rayons α a fait l'objet de diverses études expérimentales ([2]), dans lesquelles des soins particuliers étaient apportés à l'amélioration de la qualité des sources.

L'étude des raies α de faible intensité est considérablement gênée par l'existence d'un fond continu, dont la cause n'est pas nettement établie. La limite ultime de détection d'une raie faible varie avec les corps étudiés et avec leur mode de préparation et se situe aux environs de 10^{-3} à 10^{-4} de l'intensité globale.

Nous avons repris l'étude du spectre α du ThC en nous attachant systématiquement à réduire le fond continu.

Nous avons utilisé le spectrographe à aimants permanents précédemment décrit ([3]) muni d'un dispositif donnant une focalisation radiale d'ordre supérieur ([4]). Des expériences préalables ont montré que les causes essentielles du fond étaient la pénétration de la source dans son support, le dépôt simultané d'impuretés et les projections de matière active. Pour corriger ces défauts, le dépôt actif, obtenu par la méthode classique, a été distillé sous vide sur une feuille mince de pyrex constituant une des parois d'une capsule étanche.

Résultats. — Avec ce mode de préparation le fond est 100 fois plus faible que celui que donne une source découverte sur support massif.

La figure 1 montre un des spectres obtenus où les raies α_5, α_6 et le fond son comptés directement, les autres raies trop intenses étant déduites de poses plus courtes. Les intensités sont données en fraction de l'intensité globale. L'énergie et l'intensité de la raie nouvelle α_6 sont calculées en utilisant les énergies et intensités citées par Briggs pour les autres raies ([5]). La raie α_5 est à nouveau confirmée avec une intensité légèrement différente :

α_5 : E_α, 5,477 MeV; E_D, 5,582 MeV; I_r, $1,4.10^{-4}$;
α_6 : E_α, 5,341 MeV; E_D, 5,444 MeV; I_r, 10^{-5}.

Les meilleures poses montrent que, au-delà de α_6, il n'y a pas de raies d'intensité relative supérieure à $1,5.10^{-6}$. Notons que la coïncidence de α_6 avec le niveau supposé par Surugue ([6]) sur la base d'un rayonnement γ de 720 keV observé dans le dépôt actif, est fortuite. L'intensité en effet excède 20 fois celle pouvant provenir de α_6.

Discussion. — Dès les premières observations, diverses régularités systématiques avaient été signalées [7]. Les différences énergétiques entre les raies sont reliées par la formule simple

$$\frac{1}{2}(\alpha_0 - \alpha_2) \cong \alpha_2 - \alpha_4 \cong \alpha_4 - \alpha_5 \qquad \text{soit} \quad \frac{1}{2} \times 283 \cong 142 \cong 145 \text{ keV}.$$

La nouvelle raie α_6 correspond à une relation du même type $\alpha_4 - \alpha_5 \simeq \alpha_5 - \alpha_6$ (136 keV). La courbe log $\mathcal{J}$ en fonction de $E^{-\frac{1}{2}}$ (*fig.* 2) montre que α_2, α_4, α_5, α_6 forment une famille très régulière et que α_0, α_1, α_3 tombent en dehors de la

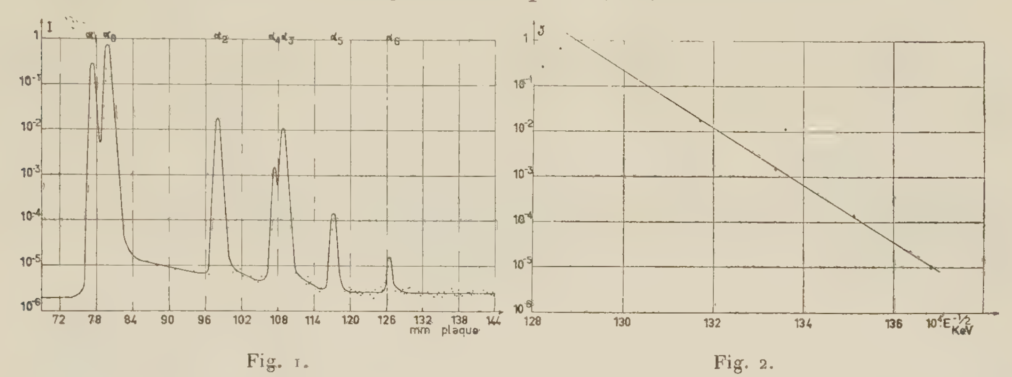


Fig. 1.

Fig. 2.

droite. Ceci, joint au fait de la presque égalité des intervalles énergétiques de ces quatre raies, fait penser à une famille de niveaux de vibration dont α_0, α_1, α_3 seraient exclus, ce qui se justifie d'autant plus qu'une telle famille ne saurait comporter un terme absent (entre α_0 et α_2). Une condition nécessaire est dans ce cas que le « core » du noyau possède une forme presque sphérique et un découplage important avec le dernier neutron, ce qui suppose, en accord partiel avec M. H. L. Pryce [8] que les quatre niveaux α_2, α_4, α_5, α_6 ont une configuration $(d\,3/2)_P^{-1}\,(g\,9/2)_N^{+1}$, l'état fondamental α_4 étant $(s\,1/2)_P^{-1}$. La décroissance exponentielle de l'intensité des raies avec l'énergie s'explique alors par un facteur identique de préformation de la particule α. Cette décroissance est d'environ 10 par 130 keV au lieu de 200 keV comme l'indiquerait la formule de pénétrabilité prise seule, et ce par suite du spin croissant des niveaux successifs. Rien n'indique que α_3 ait la même configuration ainsi que le suppose Pryce.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

(1) ROSENBLUM, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 401.

(2) ROSENBLUM et VALADARES, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 967; RUTHERFORD, WYNN WILLIAMS et LEWIS, *Proc. Roy. Soc.*, A 131, 1931, p. 684; LEWIS et BOWDEN, *Proc. Roy. Soc.*, 145, 1934, p. 235; RYTZ, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 790.

(3) ROSENBLUM et TSAÏ, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 176.

(4) R. J. WALEN (à paraître dans *Nuclear Instruments*, 1957).

(5) BRIGGS, *Rev. Mod. Phys.*, 26, 1954, p. 1.

(6) *Ann. Phys.*, 8, 1937.

(7) ROSENBLUM, *J. Phys. Rad.*, 1, 1930, p. 438; *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 943.

(8) *Proc. Phys. Soc.* (London), A 65, 1952, p. 773.

PHYSIQUE DES SOLIDES. — *Dispositif d'irradiation à basse température dans une pile atomique*. Note (*) de M. **Pierre Lucasson**, présentée par M. Francis Perrin.

Description d'un dispositif d'irradiation, refroidi par l'azote liquide, réalisé dans un petit canal de la pile E. L. 2 à Saclay.

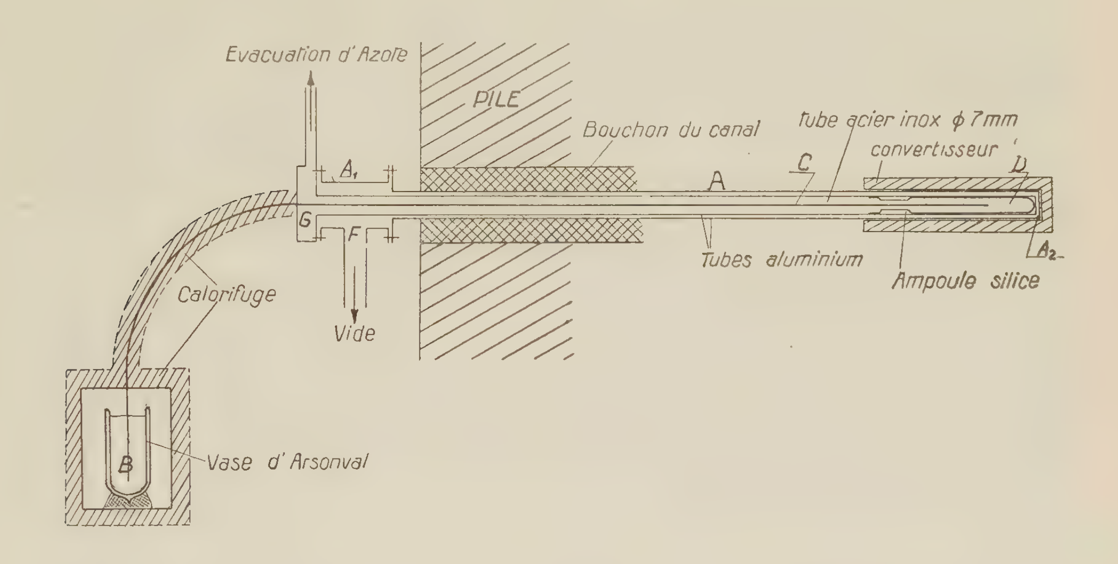
Certains défauts de structure formés par les rayonnements dans les corps solides commencent à se restaurer à très basse température, particulièrement dans le cas des métaux. Pour les étudier, il est par suite indispensable d'effectuer irradiations et recuits dans des enceintes à température contrôlée. Le dispositif décrit a pour but d'irradier des échantillons métalliques par un flux de neutrons rapides, dans une enceinte refroidie par de l'azote liquide.

L'appareil est destiné à un petit canal horizontal du réacteur E. L. 2 de Saclay, dont la section carrée est de 65 × 65 mm à proximité de la cuve d'eau lourde. Un convertisseur, destiné à fournir des neutrons de fission, long de 400 mm et de section extérieure rectangulaire est placé au fond du canal, à 3,60 m de la face Nord du réacteur. Formé essentiellement d'un cylindre creux en uranium naturel, fermé à une extrémité, gainé d'aluminium, il offre un volume utilisable cylindrique de 360 mm de longueur pour un diamètre de 40 mm. Lorsque la pile fonctionne, la masse d'uranium du convertisseur dégage une énergie calorifique qui est évacuée par une circulation d'eau extérieure. Ainsi, pour un régime de fonctionnement de la pile de 2 000 kW, l'énergie calorifique à évacuer est de l'ordre de 10 kW. La température intérieure du convertisseur atteint 65° C.

La chaleur dégagée, la petitesse des dimensions de l'enceinte expérimentale disponible, jointes à la disposition horizontale du canal sont autant de conditions défavorables pour la réalisation de caractéristiques élevées. Par suite, j'ai cherché avant tout à obtenir un fonctionnement sûr pour des caractéristiques comparables— sans plus — à celles d'installations similaires déjà réalisées, en particulier les dispositifs de Mc Reynolds à Brookhaven ([1]) et de Childs à Harwell ([2]). Dans les deux dispositifs cités, on alimente périodiquement en azote liquide une enceinte thermiquement isolée. La température y remonte chaque fois à — 150° C environ. Cette remontée en température a l'avantage, du point de vue sécurité d'éliminer tout risque d'explosion qui pourrait résulter de l'enrichissement en oxygène de l'azote. Il s'est en effet avéré qu'en présence d'un flux ionisant intense, un mélange d'oxygène et d'azote peut devenir explosif

par suite de formation d'ozone, suivie de réaction soit de l'azote avec l'ozone, soit de l'ozone avec des traces de matière organique ([3]).

Un schéma d'ensemble du dispositif est représenté figure 1. Un long vase métallique à double paroi (A) de 40 mm de diamètre extérieur s'ouvre sur la face Nord de E. L. 2 en (A 1) et plonge en (A 2) dans l'enceinte du convertisseur. A proximité de (A 1) se trouve un vase Dewar (B), contenant de l'azote liquide qu'une surpression permet d'envoyer, par le conduit (C), dans une ampoule de silice fondue (D) située dans le convertisseur. Les échantillons sont placés à l'intérieur de (D).



(A) est formé de deux tubes métalliques concentriques, fermés à une extrémité, munis, à l'autre, d'une flasque qui permet leur raccordement à une prise de vide (F). L'étanchéité est assurée par des joints d'indium. Un groupe de pompage, fonctionnant de façon continue, entretient entre les parois des deux tubes une pression de 10^{-5} mm de mercure [mesurée au niveau de (F)]. Une prise (G) permet de recueillir l'azote sortant après évaporation et de le rejeter hors du bâtiment. Ces tubes, en aluminium sont maintenus concentriques par deux minces couronnes portant trois pointes en acier inoxydable.

Le vase Dewar (B), de 4 l de capacité est à l'intérieur d'un récipient métallique étanche. Une vanne électromagnétique permet d'y établir une surpression pour envoyer l'azote liquide de (B) dans l'ampoule (D). Deux vannes permettent l'élimination rapide de toute surpression. Une soupape de sûreté tarée à 300 g/cm² permet d'éviter toute surpression accidentelle dangereuse. Un manomètre à mercure à trois contacts, auquel est transmise la pression « hydrostatique » du fond de (B) permet de maintenir le

niveau d'azote constant dans le vase (B), en en provoquant le remplissage dès que le circuit des deux premiers contacts est coupé. Afin d'assurer un fonctionnement ininterrompu, il a été prévu deux circuits parallèles d'alimentation; deux bouteilles d'azote liquide de grande capacité peuvent y être branchées, une seule étant en service à la fois. Si le niveau d'azote s'abaisse dans (B) de 10 cm, la coupure du circuit des deux derniers contacts, assure la mise en service de la seconde bouteille. Nous avons en général employé une bouteille à azote liquide de 100 l et une bouteille de secours de 25 l.

La régulation est assurée par un pyromètre potentiomètre MECI à thermocouple cuivre-constantan, qui commande un jeu de relais électriques. Elle est du type « tout ou rien ».

Le flux en neutrons de fission du convertisseur a été mesuré par le groupe de neutronique du C. E. N. Ce flux a une valeur comprise entre 2,5 et 5.10^{11} n/cm²/s au fond de (A) lorsque la pile fonctionne à 1000 kW. Il s'abaisse régulièrement à partir du fond du convertisseur et n'a plus que le tiers de la valeur indiquée à l'entrée du convertisseur.

La consommation, réacteur arrêté, pour une température de régulation de — 160° est de l'ordre de 30 l d'azote liquide par jour. Lorsque la pile fonctionne à 2 000 kW, elle s'élève à 50 l pour la même régulation et à 70 l par jour pour une température de régulation de — 180° C. Il faut environ 100 l par jour pour maintenir trois petits échantillons à la température de l'azote liquide.

La température n'est pas constante dans le tube de silice (D). A titre indicatif, nous donnons les températures enregistrées pendant une semaine de fonctionnement en différents points de (A). Le thermocouple de régulation était placé en *e*, dans le haut de l'ampoule, et l'appareil réglé sur — 180° C.

	a.	*b*.	*c*.	*d*.	*e*.	*f*.
Distance de Al (cm).	40	200	320	350	365	380
Température (°C).	7	—20 à +1	—196 à —164	—196	—183 à —175	—182 à —162
				Enceinte d'irradiation	Enceinte d'irradiation	Enceinte d'irradiation

L'appareil décrit est resté en service continu plusieurs mois. Il a permis de mesurer des variations de la résistance électrique de métaux à structure cubique centrée sous irradiation.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

(1) Mc Reynolds et al., *Phys. Rev.*, 1954, p. 1417.

(2) Childs, *A. E. R. E.*, M/M, 33, Unclassified.

(3) R. R. Coltman, T. H. Blewitt et T. S. Noggle, *Rev. Scient. Instr.*, 28, n° 5, mai 1957.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur l'observation micrographique de la recristallisation à basse température de l'aluminium purifié par la méthode de la « zone fondue ».*

Note de MM. **Philippe Albert** et **Omourtague Dimitrov**, transmise par M. Georges Chaudron.

La mise au point d'une technique de polissage électrolytique et d'oxydation anodique de l'aluminium pur à basse température (— 60° C), nous a permis de mettre en évidence la structure micrographique d'échantillons d'aluminium de haute pureté recristallisés à — 38° C, après écrouissage à froid par laminage à un taux de réduction de 97 %.

Nous avons déjà signalé dans une Note antérieure la recristallisation complète à basse température de l'aluminium que nous purifions par la méthode de la « zone fondue » (1). Pour certains échantillons laminés à froid à un taux de réduction de 96 à 98 %, nous avons montré, par la diffraction des rayons X, cette recristallisation à — 45° C. Afin d'observer micrographiquement les structures obtenues par les recuits à basse température, au cours de la recristallisation de cet aluminium de « zone fondue », nous avons mis au point une technique de polissage et d'oxydation anodique à — 60° C.

La cellule de polissage électrolytique est un récipient à double paroi refroidi par un courant d'azote à sa température d'ébullition. Un agitateur magnétique permet d'obtenir dans tout le bain une température uniforme de — 60° C. La cathode est en acier inoxydable et l'échantillon constituant l'anode est fixé à une pince en aluminium refroidie par de l'azote liquide et qu'on agite d'un lent mouvement de va-et-vient. Le polissage s'effectue, en 20 mn environ, dans un bain contenant 333 ml d'acide nitrique et 667 ml d'alcool méthylique sous une tension de 25 V; la densité de courant est de l'ordre de 0,07 A/cm². L'oxydation anodique est faite dans un bain contenant 150 ml d'acide nitrique et 850 ml d'alcool méthylique sous une tension de 4 V.

L'application de cette méthode de polissage et d'oxydation anodique à froid nous a permis d'observer les cristaux formés au cours de recuits à — 47 et — 38° C, pendant la recristallisation de l'aluminium de « zone fondue ». Celui-ci était écroui par laminage à froid (1) à un taux de réduction de 97 %. Après chaque recuit, l'évolution de la recristallisation était suivie par la diffraction des rayons X et nous avons observé, soit les structures micrographiques d'éprouvettes écrouies au début de la recristallisation, soit des éprouvettes totalement recristallisées.

Les figures 1 et 1 *bis* montrent les aspects micrographiques d'une éprouvette recuite 40 h à — 38° C; l'observation en lumière polarisée met en évidence deux bandes de métal écroui d'aspects différents à la limite desquelles ont pris naissance des cristaux dont les dimensions sont de l'ordre de 0,1 à 1 mm.



Fig. 1.



Fig. 1 *bis*.

Les figures 2 et 2 *bis* mettent en évidence la morphologie des cristaux obtenus sur l'ensemble des éprouvettes, après 170 h de recuit à — 38° C. La taille des cristaux varie très largement (1 à 0,02 mm). Nous remarquerons que l'observation microscopique en lumière polarisée permet de distinguer très facilement à l'aspect marbré de leur surface les derniers résidus de matrice écrouie initiale qui subsistent longtemps entre les cristaux en cours de développement.

En conclusion, l'emploi d'une technique de polissage et d'oxydation anodique à froid nous a permis d'observer micrographiquement les cristaux

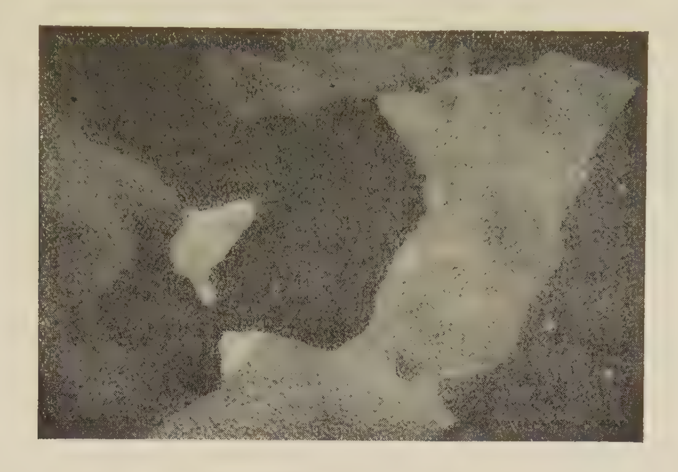


Fig. 2.



Fig. 2 *bis*.

formés au cours de la recristallisation, entre — 47 et — 38° C, de l'aluminium de haute pureté préparé par la méthode de la « zone fondue ».

([1]) Ph. Albert et J. Le Héricy, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1612.

(*Laboratoire de Vitry, du C. N. R. S., Seine.*)

CHROMATOGRAPHIE. — *Séparation quantitative sur papier des acides benzène-carboxyliques de la série* $C_6H_x(CO_2H)_{6-x}$. Note (*) de MM. **Jean-Eugène Germain**, **Jean Montreuil** et Mlle **Perséphone Koukos**, transmise par M. Paul Pascal.

Il a été mis au point une méthode permettant, sur des prises d'échantillon contenant quelques dizaines de microgrammes de substance, de séparer et doser dans des mélanges les 12 acides benzènecarboxyliques de la série $C_6H_x(CO_2H)_{6-x}$.

La chromatographie de partage sur papier a été appliquée avec succès à l'analyse de mélanges d'aminoacides en chimie biologique [1].

La méthode mise au point dans ce domaine semble susceptible de résoudre le problème analytique délicat de la séparation des acides carboxyliques provenant de l'oxydation de substances hydrocarbonées complexes telles que les charbons.

Ces mélanges contiennent en particulier les acides de la série benzène-carboxylique $C_6H_x(CO_2H)_{6-x}$ (x variant de 5 à 0); leur séparation par différence de solubilité des acides ou de leurs sels [2], par distillation fractionnée des esters [3], ou par précipitation fractionnée à divers pH [4] est difficile.

L'identification des acides purs par leur point de fusion ou leur analyse élémentaire ne l'est pas moins, car ces corps se décomposent pour la plupart avant de fondre et leur combustion dans la grille d'analyse est souvent incomplète.

Une technique de séparation chromatographique avait été proposée par K. G. Beck [5], mais cet auteur s'est borné à des mélanges particuliers, et à un point de vue qualitatif.

Nous avons réalisé la séparation totale des mélanges d'acides préparés par synthèse en chromatographie descendante sur papier Whatman et à la température ambiante, par l'emploi combiné de trois systèmes de solvants :

1° Mélange butanol normal-acide acétique-eau (40 : 10 : 50) sur papier Whatman n° 3 (durée : 16 à 24 h);

2° Mélange éthanol-ammoniaque concentrée (70 : 30) sur papier Whatman n° 3 (durée 24 à 48 h);

3° Mélange phénol-isopropanol-acide formique-eau (85 : 5 : 10 : 100) sur papier Whatman n° 1 en atmosphère CNH (durée : 24 h).

Pour les systèmes solvants 1 et 3, on utilise le mélange fait dans les proportions indiquées après décantation de la couche aqueuse.

La prise d'essai contient les acides dissous dans l'eau ammoniacale; la goutte déposée se sépare en une série de taches incolores. Leur emplacement est détecté après séchage du papier en observant à la chambre noire sous la lampe à lumière ultraviolette. Elles apparaissent en noir sur un fond fluorescent, les acides ayant la propriété d'absorber l'ultraviolet vers 250 mμ. Ce procédé détecte des taches ne contenant que quelques microgrammes d'acides.

Le tableau I donne les résultats des essais faits sur des acides purs ou des mélanges sous forme de valeurs de R_G ou R_F.

On note que le premier système solvant permet de séparer les acides supérieurs à partir des tricarboxyliques, le deuxième les acides inférieurs (mono- aux tricarboxyliques inclus), et que le troisième sépare seulement

les acides par groupes d'isomères. Mais en aucun cas, il n'a été possible de séparer les acides isophtalique et téréphtalique, l'un de l'autre.

L'identification et le dosage des acides isolés sont alors terminés par le découpage de la tache, élution de l'acide par une solution aqueuse de NaOH N/100.

La spectrophotométrie ultraviolette de ces solutions fournit la courbe d'absorption des sels de sodium dans le domaine 210-300 mμ. Sa forme caractéristique contrôle l'identification déjà tirée de la position de la tache sur le chromatogramme.

Tableau I.

		Systèmes solvants.		
Acides.	Position des carboxyles.	Butanol/ acide acétique R_F.	Éthanol/ ammoniaque R_G.	Phénol/ isopropanol/ acide formique R_F.
Benzoïque	1	0,88–0,91	1,7 –1,9	0,85–0,90
Téréphtalique	1, 4	0,85–0,88	1,22–1,28	0,80–0,81
Isophtalique	1, 3	0,85–0,88	1,22–1,28	0,80–0,81
Orthophtalique	1, 2	0,75–0,77	1	0,80–0,81
Trimésique	1, 3, 5	0,82–0,83	0,25	0,65–0,67
Trimellitique	1, 2, 4	0,67–0,70	0,13	0,65–0,67
Hemimellitique	1, 2, 3	0,48–0,51	0,11	0,65–0,67
Mellophanique	1, 2, 4, 6	0,50–0,53	0	0,48–0,50
Pyromellitique	1, 2, 4, 5	0,27–0,30	0	0,48–0,50
Prenhitique	1, 2, 3, 4	0,21–0,24	0	0,48–0,50
Pentacarboxylique	–	0,18–0,21	0	0,30–0,34
Mellitique (hexacarboxylique)	–	0,09–0,11	0	0,18–0,22

N. B. — Ces valeurs correspondent à la température ambiante (20° C).

On donne seulement, pour le deuxième système solvant, les valeurs de R_G parce que le front du solvant sort de la feuille lorsque la séparation est convenable.

De plus, ayant établi la courbe d'adsorption pour une solution de concentration connue de l'acide dans la soude N/100, on calcule facilement la quantité de substance portée par la tache, ce qui rend possible un dosage.

Dans le cas particulier de la tache unique donnée par le mélange isotéréphtalique, l'absorption ultraviolette permet aussi l'analyse quantitative selon des procédés connus.

Les acides utilisés au cours de ces essais proviennent pour la plupart de l'oxydation permanganique d'hydrocarbures aromatiques purs. Dans le cas d'acides très solubles dans l'eau, la séparation finale de l'acide libre contenu dans une solution aqueuse de sels de potassium est grandement facilitée par l'emploi d'une colonne de « Permutite 50 ».

Dans ces conditions la préparation peut porter sur quelques centigrammes d'hydrocarbure (microoxydation).

Nous avons pu constater par chromatographie la présence de faibles impuretés dans les acides purifiés venant de l'oxydation des polyméthylbenzènes et également séparer les divers acides de l'oxydation de carbures polynucléaires (pyrène, acénaphtène).

La méthode ainsi mise au point est de nature à faciliter considérablement l'étude du mécanisme de l'oxydation de la houille et des corps graphitoïdes.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

(1) P. BOULANGER et G. BIZERTE, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 696; 32, 1950, p. 601.

(2) A. N. ROY et C. H. HOWARD, *J. Amer. Chem. Soc.*, 74, 1952, p. 3239; W. FUSCH et W. STENGEL, *Ann. Chem.*, 478, 1930, p. 267.

(3) W. A. BONE, L. MORTON et S. WARD, *Proc. Roy. Soc.*, A, 127, 1930, p. 480.

(4) R. S. MONTGOMERY et P. J. SIENKNECHT, *Ind. Eng. Chem.*, 47, 1955, p. 1274.

(5) *Brennstoff Chemie*, 17-18, 1954, p. 275.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Susceptibilités magnétiques de la molécule de naphtalène à* — 195°. Note (*) de Mme **NICOLE LUMBROSO** et M. **ADOLPHE PACAULT**, présentée par M. Paul Pascal.

Les résultats d'une étude cristallographique récente nous ont permis de calculer les susceptibilités magnétiques principales de la molécule de naphtalène à — 195° (1).

Les susceptibilités magnétiques principales de certains cristaux organiques varient avec la température (2). Parmi les causes explicatives de cette variation deux retiennent plus particulièrement l'attention :

1° la libration des molécules dans le cristal autour de leurs axes principaux d'inertie;

2° la variation de l'orientation des molécules au sein du cristal. La libration peut être appréciée dans certains cas au moyen du spectre X (3) ou du spectre Raman (4).

La variation de l'orientation des molécules dans le cristal que laissait présager la forte anisotropie de dilatation du benzène et du naphtalène (5), (6) a été tout récemment déterminée pour la première fois par Kozhin et Kitaïgorodskii (7) qui viennent de publier la structure du naphtalène à — 195° C.

Ils trouvent pour la maille monoclinique :

Axes du système monoclinique.

A 20°C,		A — 195°C.	
$a = 8{,}218 \pm 0{,}01$ Å,	$c = 8{,}640 \pm 0{,}01$,	$a = 8{,}018 \pm 0{,}01$ Å,	$c = 8{,}6168 \pm 0{,}01$
$b = 5{,}990 \pm 0{,}01$,	$\beta = 122°55' \pm 10'$,	$b = 5{,}938 \pm 0{,}01$,	$\beta = 124°40' \pm 10'$.

et pour les cosinus directeurs d'une des deux molécules centrosymétriques contenues dans la maille :

	A 20° C. D'après Robertson ([8]).			A — 195° C. D'après Kozhin et Kitaigorodskii ([7]).		
	L.	M.	N.	L.	M.	N.
a...........	—0,4350	0,3217	0,8410	—0,4681	0,2817	0,8875
b...........	—0,2128	0,8709	—0,4428	—0,2128	0,8813	—0,4188
c'...........	+0,8750	0,3718	0,3102	0,8552	0,3791	0,3509

Pour expliquer la variation des susceptibilités cristallines avec la température, l'accent avait été mis dans un premier travail ([2]) sur l'influence de la libration. L'étude récente que nous venons de publier sur le benzène ([1]), ([9]) et les résultats de Kozhin et Kitaigorodskii ([7]) nous incitent à accorder l'influence prépondérante à la modification de l'orientation moléculaire avec la température.

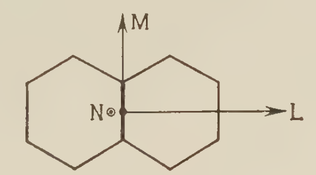


Fig. 1. — Axes de la molécule de naphtalène.

L'étude approfondie du naphtalène confirme ce point de vue.

Les susceptibilités magnétiques principales du cristal de naphtalène ont été déterminées par la méthode du couple maximum, due à Krishnan ([10]).

On obtient en prenant pour susceptibilité moyenne du naphtalène (*fig.* 2) :

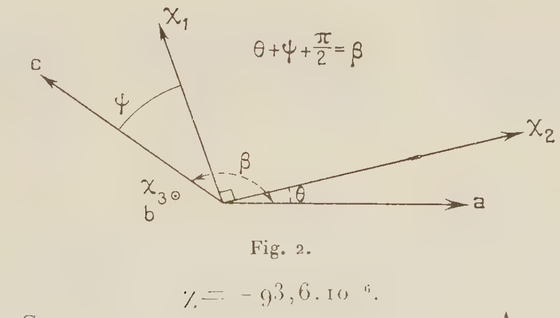


Fig. 2.

$$\chi = -93,6.10^{-6}.$$

A 20° C.

$\chi_1 = -54,4.10^{-6}$, $\chi_2 = -150,0.10^{-6}$,
$\chi_3 = -76,4.10^{-6}$, $\theta = 20°42' \pm 25'$,

A — 195° C.

$\chi_1 = -53,0.10^{-6}$, $\chi_2 = -151,6.10^{-6}$,
$\chi_3 = -76,2.10^{-6}$, $\theta = 23°30' \pm 40'$.

A la variation de l'angle β en fonction de la température correspond naturellement une variation de l'angle θ, c'est-à-dire une modification de la position des axes magnétiques par rapport aux axes cristallographiques.

Du fait de la variation simultanée de β et de θ, ψ varie peu, d'un degré environ. La variation de l'angle θ est délicate à mettre en évidence ; sur les petits

cristaux utilisés dans une étude précédente ([2]) elle n'était pas décelable. Il a fallu pour la mesurer utiliser de gros cristaux ayant des arêtes longues de 1 cm environ. En utilisant une lunette de grossissement 5 environ, munie d'un réticule tournant donnant sur les mesures d'angle une précision de 3′, on peut mettre en évidence, à la suite d'un grand nombre de mesures, une variation de $\Delta\theta$ de l'angle θ entre — 195 et 20° C :

$$\Delta\theta = \theta_{-195} - \theta_{20} = 2^\circ 48' \pm 15'.$$

La mesure de l'angle θ, effectuée soit par la méthode de Krishnan ([10]), soit par mesure directe (angle de a avec la normale à la direction du champ) a donné

$$\theta_{20} = 20^\circ 42' \pm 25'.$$

Il vient alors

$$\theta_{-195} = 23^\circ 30' \pm 40'.$$

Compte tenu des données magnétiques cristallines précédentes on obtient aisément les susceptibilités principales de la molécule de naphtalène.

A 20° C.	A — 195° C.
$K_1 = -54,7.10^{-6}$,	$K_1 = -54,7.10^{-6}$.
$K_2 = -52,6.10^{-6}$,	$K_2 = -52,8.10^{-6}$.
$K_3 = -173,5.10^{-6}$,	$K_3 = -173,3.10^{-6}$.

On notera, en observant le tableau I, l'importance de la valeur de θ sur le calcul des susceptibilités moléculaires. On constate en effet que celles-ci varient notablement lorsque $\Delta\theta$ varie de 0 à 3°. La mesure de θ doit donc retenir toute l'attention.

Tableau I.

	20° C.	— 195° C.			
	$\theta = 20^\circ 42'$.	$\theta = 20^\circ 42'$. $\Delta\theta = 0$.	$\theta = 22^\circ 06'$. $\Delta\theta = 1^\circ 24'$.	$\theta = 23^\circ 30'$. $\Delta\theta = 2^\circ 48'$.	$\theta = 25^\circ 45'$. $\Delta\theta = 3^\circ 03'$.
K_1	54,7	53,3	54	54,7	54,8
K_2	52,6	56,3	54,6	52,8	52,5
K_3	173,5	171,2	172,2	173,3	173,5
ΔK	119,8	117,6	119,9	119,5	119,9

Toutes les susceptibilités sont données au facteur -10^6 près.

Des résultats précédents il ressort que les susceptibilités moléculaires du naphtalène sont indépendantes de la température. L'influence de la libration est très faible et n'excède pas le domaine des erreurs d'expérience comme nous l'avons montré ailleurs ([9]).

La constance de l'anisotropie précise qu'aucun phénomène électronique n'apparaît dans ces cristaux à basse température, ce qui est d'ailleurs conforme aux travaux de Marchand ([11]) suivant lesquels un tel phénomène lié à l'apparition des bandes se substituant aux niveaux énergétiques n'apparaît que pour des particules dont les dimensions excèdent 40 Å.

En utilisant cette constance des susceptibilités moléculaires en fonction de la température, il est alors possible de déterminer magnétiquement avec une bonne approximation l'orientation des molécules dans un cristal à n'importe quelle température, comme nous l'avons d'ailleurs fait pour le benzène ([9]).

(*) Séance du 29 juillet 1957.

([1]) A. Pacault, B. Lemanceau et J. Joussot-Dubien, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1305; J. Hoarau, Mme N. Lumbroso et A. Pacault, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1702; J. Hoarau, J. Joussot-Dubien, B. Lemanceau, N. Lumbroso et A. Pacault, *Cahier de Physique*, 74, 1956, p. 34.

([2]) N. Lumbroso, *Thèse*, Paris, 1955; *Ann. Chimie*, 1956.

([3]) D. W. J. Cruickshank, *Acta Cryst.*, 9, 1956, p. 915.

([4]) Fruhling, *Thèse*, Paris, 1950.

([5]) Kozhin et Kitaigorodskii, *Zhur. Fiz. Khim.*, 29, 1955. p. 2074.

([6]) Kozhin et Kitaigorodskii, *Zhur. Fiz. Khim.*, 27, 1953, p. 534.

([7]) Kozhin et Kitaigorodskii, *Zhur. Fiz. Khim.*, 29, 1955, p. 1897.

([8]) Abrahams, Robertson et White, *Acta Cryst.*, 2, 1949, p. 233.

([9]) Pacault, Hoarau, Joussot-Dubien, Lemanceau et N. Lumbroso, *Le diamagnétisme du benzène*, *Symposium « From Benzen to Carbon »*, Buffalo, juin 1957.

([10]) K. Krishnan et S. Banerjee, *Trans. Roy. Soc. London*, A 234, 1935, p. 265.

([11]) Marchand, *Thèse*, Paris, 1956.

CHIMIE DES MACROMOLÉCULES. — *Sur le caoutchouc greffé par le polyméthacrylate de méthyle. Mécanisme de greffage.* Note (*) de MM. **Waldemar Kobryner** et **Albert Banderet**, transmise par M. Paul Pascal.

De l'étude approfondie du produit obtenu en faisant polymériser en émulsion le méthacrylate de méthyle en présence d'un latex de caoutchouc d'hévéa à l'aide d'un catalyseur de type peroxydique, on peut préciser le mécanisme du greffage. Il apparaît que le caoutchouc forme un radical libre de type allylique, relativement stable, dont le seul rôle est d'arrêter, en les fixant sur lui, les chaînes polyméthacryliques en croissance.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons décrit les méthodes permettant, d'une part la séparation du polyméthacrylate de méthyle (P.M.M.) libre ayant polymérisé au sein d'un latex de caoutchouc naturel et d'autre part l'isolement des chaînes latérales du P. M. M. greffé sur ce caoutchouc. Les deux polymères ont été fractionnés et leurs courbes de distribution déterminées. Étant donné qu'au cours de l'isolement, l'ozone, dont le rôle est de détruire le tronc caoutchoutique, provoque une légère dégradation des greffons polyméthacryliques, nous avons effectué une série de réactions témoins sur les mélanges : caoutchouc naturel-P. M. M. libre (fractions de poids moléculaires croissants) et établi une courbe de dégradation du P. M. M. en fonction de son poids moléculaire.

Résultats. — Nous désignerons par :

$[\eta]$, viscosité intrinsèque dans le benzène à 20° C;

M, masse moléculaire déterminée par la formule [2];

$$[\eta] = 8,35.10^{-3} M^{0,73}$$

f, facteur de correction de dégradation :

$$f = \frac{\text{M avant la dégradation}}{\text{M après la dégradation}};$$

M corrigé = M f;

P %, poids de la fraction en pour-cent du poids total.

Le tableau I représente les résultats obtenus par fractionnement du P. M. M. libre (extrait par l'acétone, précipité par l'hexane); le tableau II représente les résultats obtenus par fractionnement du P. M. M. greffé.

TABLEAU I.

Fractionnement du P. M. M. libre (M moyenne 418 000).

$[\eta]$	32	43	63	87	108	136	163	171	204	284
$M.10^{-3}$	81	121	205	319	429	589	754	805	1025	1613
P (%)	4,81	3,34	17,07	14,9	13,53	17,27	15,96	2,99	6,28	3,85

TABLEAU II.

Fractionnement du P. M. M. greffé (M corrigée moyenne 274 000).

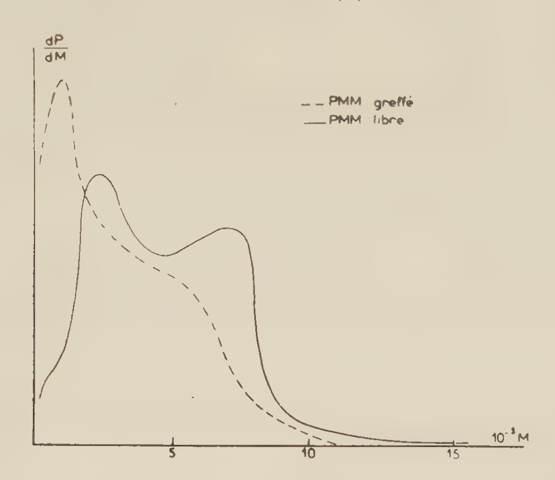
$[\eta]$	15	20	25	34	43	52	69	81	110	122	182
$M.10^{-3}$	27,8	42,6	57,8	88	121	157	232	289	440	507	877
f	1,02	1,04	1,06	1,09	1,13	1,16	1.23	1,26	1,31	1.34	1,36
M corr. 10^{-3}	28,4	44,2	61	96	137	182	285	365	576	680	1 200
P (%)	4,78	4,78	5,26	9,56	7,18	7,18	12,92	18,18	19,62	5,76	4,78

En comparant les poids moléculaires moyens du P. M. M. libre et du P. M. M. greffé, ainsi que ceux des fractions extrêmes des deux produits on s'aperçoit que les chaînes polyméthacryliques sont plus longues dans le P. M. M. libre. Or des études portant sur le latex auquel on avait incorporé du méthacrylate de méthyle ont montré qu'il ne contient guère de particules de P. M. M. pur [3]. On ne peut donc attribuer cette différence des poids moléculaires à la présence dans le P. M. M. libre de chaînes particulièrement longues qui auraient pris naissance dans des micelles de P. M. M. pur.

Nous croyons essentiel de remarquer que seuls certains catalyseurs de polymérisation permettent effectivement le greffage du P. M. M. sur le caoutchouc [4]. Ce sont ceux qui permettent la vulcanisation alors que d'autres catalyseurs tels l'azobisisobutyronitrile ne permettent ni le greffage ni la vulcanisation

La vulcanisation se faisant par la recombinaison de deux radicaux polyisopréniques ([5]), ([6]) il faut admettre que seuls les catalyseurs de la première catégorie sont capables de les former. C'est dire que ces radicaux polyisopréniques ne peuvent se former par transfert à partir d'une chaîne de P. M. M. dont la réactivité ne dépend pas de la nature de l'initiateur.

Par ailleurs, on a souvent rapproché la structure des macroradicaux polyisopréniques de celle de radicaux allyliques stabilisés par résonance, susceptibles de se recombiner entre eux ou à une chaîne en croissance, mais incapables d'initier une polymérisation ([7]).



On sait d'autre part, que la terminaison du P. M. M. peut se faire soit par la recombinaison, soit par le disproportionnement des chaînes en croissance.

On peut donc supposer qu'au cours d'une réaction de greffage les chaînes en croissance se combinent aux macroradicaux polyisopréniques en donnant des chaînes nécessairement plus courtes que celles obtenues par la recombinaison de deux chaînes en croissance. L'examen des courbes de distribution indique pour le P. M. M. libre une courbe à deux maxima qui pourraient correspondre à deux modes de terminaison, tandis que celle du P. M. M. greffé ne présente qu'un seul maximum. En désignant par :

I, la molécule d'initiateur;

M, la molécule de monomère;

caH, la molécule de caoutchouc (H étant l'hydrogène mobile);

on peut résumer ainsi le mécanisme proposé :

— Formation des radicaux :

$$I \rightarrow I^{\circ},$$

$$I^{\circ} + caH \rightarrow IH + ca^{\circ};$$

— Propagation :

$$I^{\circ} + M \rightarrow I-M^{\circ} \rightarrow I-(M)_n^{\circ};$$

— Terminaison :

$I-(M)_n^0 + {}^0(M)_m - I \rightarrow I-(M)_{n+m}-I$ (recombinaison) } Formation du
$I-(M)_n^0 + {}^0(M)_m - I \rightarrow I-(M)_n + I-(M)_m$ (disproportionnement) } P. M. M. libre

$I-(M)_n^0 + ca^0 \rightarrow I(M)_n - ca$ } Formation du polymère greffé (réticulation)
$ca^0 + ca^0 \rightarrow ca - ca$ }

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) A. BANDERET et W. KOBRYNER, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 609.
(2) G. V. SCHULZ et MAYERHOFF, *Makromolekulare Chemie*, 7, 1952, p. 294.
(3) G. F. BLOOMFIELD, P. MCL SWIFT, *J. Appl. Phys.*, 5, 1955, p. 609.
(4) G. F. BLOOMFIELD, F. M. MERETT, F. S. POPHAM et P. MCL SWIFT, *Proc. of the Third Rubb. Tech. Conf.*, 1954, p. 185.
(5) G. S. MOORE et W. F. WATSON, *Rub. Chem. Techn.*, 30, 1957, p. 11.
(6) O. LORENZ et W. SCHEELE, *Rub. Chem. Techn.*, 29, 1956, p. 901.
(7) P. BARTLETT et R. ALTSCHUL, *J. Amer. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 816.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Contribution à la théorie de la coordinence* 8. Note (*) de M. **CAMILLE DUCULOT**, présentée par M. Louis de Broglie.

La détermination des orbitales des liaisons émanant d'un atome à haut nombre de coordination est accessible dans la théorie quantique des valences dirigées par l'emploi de la théorie des groupes.

Les orbitales des liaisons hybrides dirigées $\vec{\Psi} = \Lambda^{-1}\vec{\Phi}$ forment un ensemble orthonormé appartenant au module des fonctions construites sur une base d'orbitales atomiques sphériques, en sorte que $R_i\vec{\Psi} = P_i\vec{\Psi}$ et $R_i\vec{\Phi} = \Lambda P_i \Lambda^{-1}\vec{\Phi}$ soient vérifiées simultanément. Les matrices $P_i (i = 1, \ldots, g)$ engendrées par les g opérations de symétrie R_i du groupe attribué à la molécule, définissent la représentation Ξ que Λ ramène à la forme canonique (1). L'expression analytique du critère de force des orbitales selon Pauling détermine les angles que forment les liaisons. L'analyse des représentations J induites dans les orbitales atomiques, figure au tableau I dans lequel Γ désigne la représentation associée à l'axe polaire d'ordre p de la molécule, et s'identifie dès lors à la représentation relative à la composante vectorielle M_z du moment électrique.

Ces considérations sont appliquées à $K_4Mo(CN)_8 . 2H_2O$, exemple familier où la preuve expérimentale de la coordinance 8 est bien établie, et molécule à laquelle on peut attribuer *a priori* le groupe O_h (cube), D_{4d} (antiprisme) ou D_{2d} (dodécaèdre à faces triangulaires) dont l'analyse des représentations Ξ respectives indique : $A_{1g} + A_{2u} + F_{1g} + F_{2g}$, $A_1 + B_2 + E_1 + E_2 + E_3$ et $2A_1 + 2B_1 + 2E$. Par conséquent, si l'on note que l'atome de molybdène $(Z = 42)$ — dans son état normal — ne comporte pas d'électron f, on est d'abord amené à interpréter la structure de son dérivé dans les seuls groupes

D_{4d} et D_{2d} puisque le tableau I signale que la structure dans le groupe O_h exige la participation d'électrons f. Les tableaux II et V résument les résultats obtenus, en indiquant, pour les différents modes d'hybridation, les 28 valeurs angulaires (seules les valeurs relatives aux orbitales stables sont indiquées) et

TABLEAU I.

s J_s	s $A_1 (^{\prime}_{g})$			
p J_p	$p_x \quad p_y$ $E_1 (^{\prime}_{u})$	p_z $\Gamma (^{\prime\prime}_{u})$		
d J_d	d_z $A_1 (^{\prime}_{g})$	$d_{z+x} \quad d_{z+y}$ $E_1 \Gamma (^{\prime\prime}_{g})$	$d_{xy} \quad d_{x+y}$ $E_2 (^{\prime}_{g})$	
f J_f	f_z $\Gamma (^{\prime\prime}_{u})$	$f_x \quad f_y$ $E_1 (^{\prime}_{u})$	$f_{z(x+y)} \quad f_{xyz}$ $E_2 \Gamma (^{\prime\prime}_{u})$	$f_+ \cdot f_-$ (*) $E_3 (^{\prime}_{u})$

$[p_x p_y p_z]F_1$, $[d_z d_{xy}]E_2$, $[d_{x+y} d_{z+x} d_{z+y}]F_2$

$[f_x f_y f_z]F_1$, $[f_+ f_- f_{z(x+y)}]F_2$, $[f_{xyz}]$ A_2 dans groupe O

(*) Notation de Coulson [6].

les forces ω des liaisons. Il en résulte que les orbitales de l'antiprisme sont donc les plus stables, ce qui est en désaccord avec les mesures expérimentales aux rayons X [2]. En considérant les états excités du molybdène dans lesquels figurent des électrons f, on détermine un mode d'hybridation $spd^2.d\,(pf)^2 f$ dans le groupe D_{2d}, avec possibilité de formation de deux orbitales Π, l'une d'elles étant forte [au sens de Kimball [3]], construites sur les orbitales atomiques d_z (σ liante inutilisée) et d_{x+y} (σ antiliante), conférant à la molécule le diamagnétisme et des valeurs angulaires en excellent accord avec les mesures expérimentales respectives [4], [2] ainsi qu'en témoigne notamment le tableau III.

TABLEAU II.

sp^3d^4...	73°21	115°18	142°16	2,979
p^3d^5....	60,39	91,08	148,14	2,698
n.......	16	4	8	ω

TABLEAU III.

n.	Théorie.	Expérience.
14...	74°20	73°42 (*)
4...	95,36	95,36
4...	126,52	129,50
2...	143,28	138,55
4...	147,24	147,23

(*) Valeurs moyennes [5] des angles.

Les fonctions d'onde sont écrites au tableau IV.

Ainsi, les liaisons σ de valence du molybdène dans Mo $(CN)_8$ contiennent des électrons f et elles pourraient être stabilisées par l'existence éventuelle de liaisons Π : la première de ces propriétés étaye le concept intuitif de Penney et Anderson [4] sur la valence 8, tandis que la seconde devrait être invoquée pour

désigner *a priori*, parmi les hybridations vérifiant le postulat de Pauling, celle qui rend compte de la structure de cette molécule.

TABLEAU IV.

$$\left.\begin{aligned}
\Psi_1 &= \frac{1}{2} f_{z(x+y)} + \frac{1}{2} d_{xy} + \frac{1}{\sqrt{2}}(0{,}675\, p_x + 0{,}737\, f_+) \\
\Psi_2 &= \frac{1}{2} f_{z(x+y)} - \frac{1}{2} d_{xy} - \frac{1}{\sqrt{2}}(0{,}675\, p_y - 0{,}737\, f_-) \\
\Psi_3 &= \frac{1}{2} f_{z(x+y)} + \frac{1}{2} d_{xy} - \frac{1}{\sqrt{2}}(0{,}675\, p_x + 0{,}737\, f_+) \\
\Psi_4 &= \frac{1}{2} f_{z(x+y)} - \frac{1}{2} d_{xy} + \frac{1}{\sqrt{2}}(0{,}675\, p_y - 0{,}737\, f_-)
\end{aligned}\right\} \omega = 3{,}317$$

$$\left.\begin{aligned}
\Psi_5 &= \frac{1}{2} s + \frac{1}{2} p_z - \frac{1}{\sqrt{2}} d_{z+y} \\
\Psi_6 &= \frac{1}{2} s + \frac{1}{2} p_z + \frac{1}{\sqrt{2}} d_{z+y} \\
\Psi_7 &= \frac{1}{2} s - \frac{1}{2} p_z - \frac{1}{\sqrt{2}} d_{z+x} \\
\Psi_8 &= \frac{1}{2} s - \frac{1}{2} p_z + \frac{1}{\sqrt{2}} d_{z+x}
\end{aligned}\right\} \omega = 2{,}512$$

TABLEAU V.

α	8(*)		90	56° 44	62° 50				
β	4		62° 53	107 05	87 30				
γ	2	78° 28	54° 14	36 22	75 29		78° 28		54° 14
δ	4		90	109 28	75 29	154° 30		109° 28	
ε	4	126° 52	142° 23	154 30	109 28		126° 52		142° 23
ξ	2		180	109 28	109 28	36° 22		109° 28	
η	4		117	126 33	163 01				
ω	4	2,51	2,69	2,43	2,18	2,05	2,51	2,00	2,66
ω'	4	1,25	2,66	2,05	2,00	1,47	1,64	1,69	1,66

(*) Multiplicité des angles α, ..., η dans les hybridations sp^3d^4.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) GARNIR, *Bull. Soc. Roy. Sc. Liège*, 1946, p. 360; GARNIR et TOUSSAINT, *Bull. Acad. Roy. Belg.*, 32, 1947, p. 508.

(2) HOARD et NORDSIECK, *J. Amer. Chem. Soc.*, 61, 1939, p. 2853.

(3) *J. Chem. Phys.*, 8, 1940, p. 188.

(4) *Trans. Farad. Soc.*, 33, 1937, p. 1363.

(5) PAULING, *Nature de la liaison chimique*, Presses Universitaires de France, 1949, p. 111.

(6) *J. Chem. Soc.*, 703, 1956, p. 3650.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation de solutions solides cubiques de la zircone.* Note (*) de MM. **Jochen Stöcker** et **Robert Collongues**, présentée par M. Georges Chaudron.

On sait que la forme cubique de la zircone peut être stabilisée par mise en solution solide de chaux, de magnésie ou d'oxydes de terres rares [1], [2].

Nous nous proposons de montrer qu'en réalité de nombreux oxydes de métaux bivalents ou trivalents permettent de stabiliser au moins partiellement la zircone cubique.

Nous avons préparé des solutions solides ZrO_2-MO et ZrO_2-M_2O_3 contenant de 10 à 50 % d'oxyde d'addition en utilisant la méthode de coprécipitation à l'état amorphe décrite dans de précédentes publications [3], [4]. Nous avons ainsi obtenu des zircones cubiques stabilisées :

1° Par des oxydes de métaux bivalents : la magnésie, les protoxydes de fer, de manganèse et de nickel; les oxydes de cadmium et de zinc.

Dans le cas des solutions solides ZrO_2-MgO, ZrO_2-NiO, ZrO_2-CdO et ZrO_2-ZnO, la cristallisation du coprécipité est effectuée par chauffage à 750° dans l'air pendant 5 mn. Après cristallisation on n'observe sur le diagramme de Debye-Scherrer que les interférences d'une phase cubique (*fig.* 1 *a*). Aucune des interférences de la zircone monoclinique n'apparaît. Le diagramme de la zircone cubique stabilisée ainsi obtenue présente des raies relativement larges (*fig.* 1 *a*), mais il est facile de le distinguer du diagramme de la zircone quadratique.

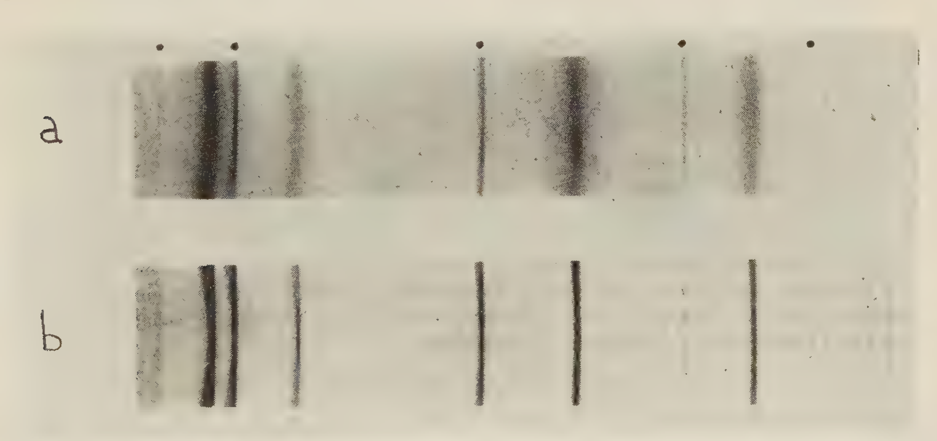


Fig. 1. — Diagrammes de Debye-Scherrer des solutions solides. *a*. ZrO_2 — 20 % MgO après cristallisation à 750° dans l'air; *b*. ZrO_2 — 20 % MnO après cristallisation à 750° dans l'hydrogène. Les raies de l'étalon ClNa sont marquées par un point.

Dans le cas des solutions solides ZrO_2-FeO et ZrO_2-MnO, le fer et le manganèse sont à l'effet trivalent dans le précipité. La cristallisation est

alors effectuée par chauffage rapide à 750° dans l'hydrogène. Dans ce cas, les raies du diagramme de Debye-Scherrer de la phase cubique sont d'une grande finesse (*fig.* 1 *b*). Nous pensons que cette amélioration de l'état de cristallisation résulte de l'intervention simultanée au cours du chauffage de deux processus exothermiques : la cristallisation du coprécipité et la réduction par l'hydrogène.

2° Par des oxydes de métaux trivalents : l'alumine, les sesquioxydes de fer, de manganèse, de chrome et de vanadium.

Dans ce cas également, la cristallisation du coprécipité est effectuée par chauffage à 750° dans l'air pour les solutions solides ZrO_2-Al_2O_3 ; ZrO_2-Fe_2O_3 ; ZrO_2-Mn_2O_3 ; ZrO_2-Cr_2O_3 et dans l'hydrogène pour les solutions solides ZrO_2-V_2O_3.

La formation de la solution solide est révélée par la variation du paramètre cristallin de la zircone cubique. Le remplacement de l'ion Zr^{4+} de rayon 0,80 Å par des ions plus petits ($Al^{3+} = 0{,}57$ Å; $Fe^{3+} = 0{,}67$ Å; $Mn^{3+} = 0{,}70$ Å; $V^{3+} = 0{,}75$ Å) provoque une contraction de la maille de la zircone. Par exemple le paramètre des solutions solides ZrO_2-Fe_2O_3 diminue depuis $a = 5{,}10$ KX pour la zircone pure ([5]) jusqu'à $a = 5{,}09$ KX pour la solution solide à 5 % Fe_2O_3 et $a = 5{,}02$ KX pour la solution solide à 15 % Fe_2O_3 (*fig.* 2 *a* et *b*). Les paramètres des solutions solides limites préparées sont : ZrO_2-Fe_2O_3 : 5,02 KX; ZrO_2-Al_2O_3 : 5,08 KX; ZrO_2-Mn_2O_3 : 5,06 KX.

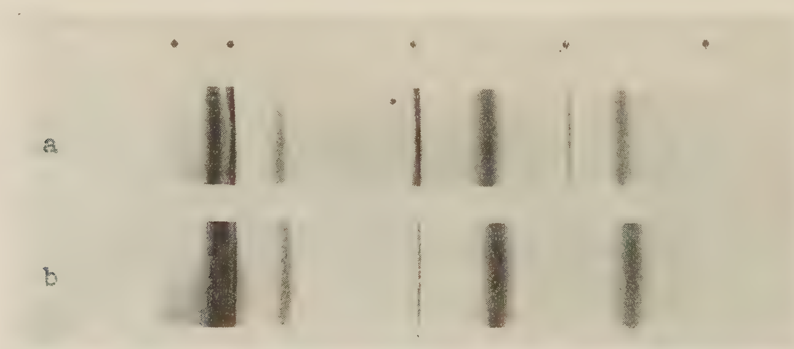


Fig. 2. — Diagrammes de Debye-Scherrer de la zircone cubique stabilisée par mise en solution solide du sesquioxyde de fer. *a*. ZrO_2 + 5 % Fe_2O_3; *b*. ZrO_2 + 15 % Fe_2O_3. On note la variation du paramètre. Les raies de l'étalon ClNa sont marquées par un point.

Dans aucun des systèmes étudiés, il ne se forme de composé de type $ZrO_2.MO$ ou $ZrO_2.M_2O_3$. En particulier l'existence du composé $ZrO_2.CdO$ précédemment signalé ([6]) nous paraît improbable.

Toutes les solutions solides cubiques étudiées sont métastables à basse température; leur décomposition commence dès 850° et est totale à 1000°. Certaines d'entre elles sont régénérées par chauffage à plus haute tempé-

rature. C'est la phase cubique ZrO_2-MnO qui est régénérée à la température la plus basse (1250°). Au contraire, à 1250°, la solution solide cubique ZrO_2-MgO est instable (*fig.* 3 *a* et *b*). Ce résultat est en bon accord avec ceux de Dietzel [7] : dans le diagramme d'équilibre zircone-magnésie, le domaine de stabilité de cette phase cesse au-dessous de 1300°. Elle est régénérée par chauffage à 1750° (*fig.* 3 *c*).

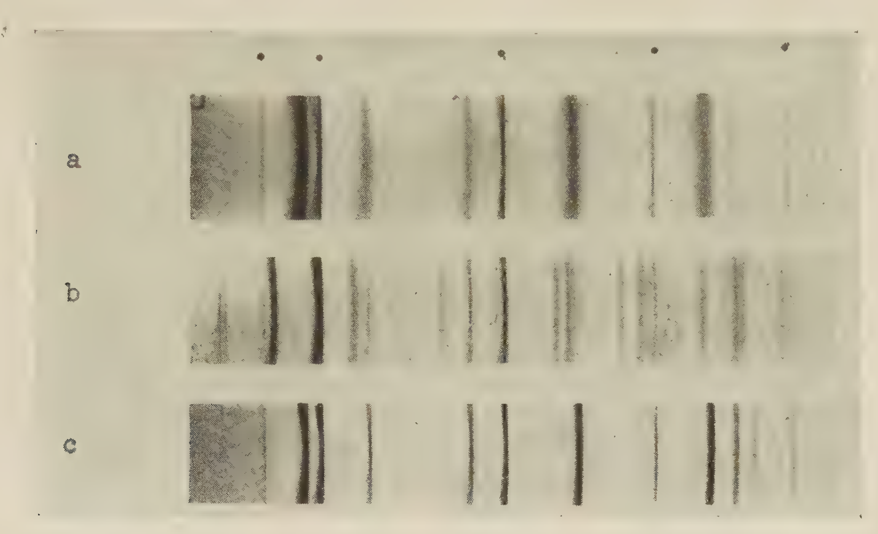


Fig. 3. — Étude par les diagrammes de Debye-Scherrer de la formation et de la décomposition de la zircone cubique stabilisée par la magnésie. *a*. Formation de la phase cubique après chauffage du coprécipité des deux oxydes à 750°; *b*. Décomposition de la phase cubique en zircone monoclinique et magnésie par chauffage à 1250°; *c*. Régénération de la phase cubique par chauffage à 1750°. Les raies de l'étalon de ClNa sont marquées par un point.

Nos expériences mettent donc en évidence la possibilité de préparer de nombreuses solutions solides cubiques de la zircone avec des oxydes de structures très différentes : cubique, hexagonale (ZnO), rhomboédrique (Al_2O_3, Fe_2O_3). Ces phases sont métastables à basse température. Nous nous proposons, dans nos recherches ultérieures, de préciser la nature de ces solutions solides cubiques de la zircone avec des oxydes de métaux bivalents ou trivalents.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) O. Ruff et F. Ebert, *Z. anorg. Chem.*, 180, 1929, p. 19.
(2) F. Brown et Duwez, *J. Amer. Cer. Soc.*, 38, 1955, p. 95.
(3) J. Stöcker et R. Collongues, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 83.
(4) J. Stöcker et R. Collongues, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 431.
(5) A. Charlesby, *Acta Met.*, 1, 1953, p. 340.
(6) I. Naray-Szabo, *Muegyetemi Kozlemenyek*, 1, 1947, p. 30.
(7) A. Dietzel et H. Tober, *Ber. D. K. G.*, 30, 1953, p. 22.

(*Laboratoire de Vitry du C. N. R. S.*)

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction aluminothermique du Borax.* Note (*) de M. **René Peffen**, transmise par M. Jean-Lucien Andrieux.

Dans une Note précédente nous avons étudié la solubilité dans l'acide chlorhydrique des scories obtenues au cours de la réduction aluminothermique de l'anhydride borique en présence de l'oxyde de calcium. Nous avons montré alors que la solubilité de ces scories dépendait non seulement de leur teneur en oxyde de calcium, mais également des rapports molaires B_2O_3/Al_2O_3 des quantités d'anhydride borique et de l'alumine combinées à cet oxyde.

Nous avons obtenu des résultats analogues en remplaçant l'oxyde de calcium par l'oxyde de sodium Na_2O.

Les mélanges réactionnels choisis contenaient 1 à 1,75 mole de borax et 2 at.-g d'aluminium. La technique opératoire utilisée restait identique à celle décrite précédemment.

En tenant compte de la quantité d'anhydride borique effectivement réduite nous pouvons calculer les compositions exactes des scories formées. Celles-ci renferment, en moles pour-cent :

Essai nº 1 :	36,33 B_2O_3/	31,60 Al_2O_3/	32,07 Na_2O	
» 2 :	42,35 »	25,51 »	32,14 »	
» 3 :	45,56 »	21,69 »	32,75 »	
» 4 :	48,10 »	19,00 »	32,90 »	

Les résidus recueillis après épuisement total de toutes les matières solubles dans l'acide chlorhydrique contiennent les produits borés résultant de la réduction de l'anhydride borique et la fraction de scorie qui a résisté au traitement acide. L'importance de cette fraction peut être caractérisée soit par l'insoluble déterminé au cours de l'analyse du résidu, soit par le pourcentage d'alumine non éliminée. Dans le calcul de ce dernier il est tenu compte à la fois des résultats analytiques et des poids de substances préparées. Le chiffre trouvé est alors indépendant de la nature des produits borés obtenus et définit vraiment la solubilité des scories étudiées.

Les quatre scories décrites ci-dessus possédant sensiblement le même nombre de molécules d'oxyde de sodium, nous pouvons suivre la variation de leur solubilité en fonction des rapports molaires B_2O_3/Al_2O_3 correspondants.

Nº des essais.	B_2O_3 en moles Al_2O_3.	Insolubles analytiques.	Pourcentages Al_2O_3 éliminée.
1	1,150	48,82	20,48
2	1,660	37,44	12,93
3	2,100	6,20	1,46
4	2,530	2,30	0,51

La solubilité de ces scories, dont la teneur en oxyde de sodium est inférieure à 40 %, croît continuellement avec les rapports B_2O_3/Al_2O_3. L'alumine peut être ainsi éliminée efficacement en choisissant des scories suffisamment riches en anhydride borique.

Les conclusions auxquelles nous venons d'aboutir sont tout à fait semblables à celles que nous avons formulées lors de notre étude des scories renfermant de l'oxyde de calcium.

Les résultats de l'essai n° 4 méritent d'être cités en détail.

Composition mélange réactionnel.	Composition scories en moles (%).	Résultats analytiques.	Rendement (%).
–	$48,10\,B_2O_3/19,00$	Insol % = 2,30	-
–	$Al_2O_3/32,90\,Na_2O$	Si % = traces	93,25
$1,65\,B_4O_7Na_2/2\,Al$	–	Fe % ≃ 0,80	
		Al % = 6,78	
		B % = 89,22	

Le rendement est calculé d'après l'aluminium réellement utilisé au cours de la réduction.

La richesse en bore du résidu recueilli dans l'essai n° 4 est comparable à celle du produit préparé par Moissan en réduisant l'anhydride borique par le magnésium [1].

La quantité d'anhydride borique effectivement réduite dans cet esssai n° 4 représente les 25 % de celle qui est contenue dans le borax du mélange réactionnel. Le reste, passe dans la scorie. Celle-ci étant facilement soluble dans l'acide chlorhydrique il est aisé de récupérer l'acide borique par cristallisations fractionnées en adoptant les techniques opératoires couramment utilisées pour extraire ce composé du borax ou de la colémanite.

En conclusion, la réduction aluminothermique du borax constitue une méthode intéressante qui permet d'extraire directement de ce minerai l'acide borique et un produit riche en bore.

(*) Séance du 17 juillet 1957.

(1) E. Weintraub, *Trans. Amer. Electrochem. Soc.*, **16**, 1909, p. 165-184.

(*École Nationale Supérieure d'Électrochimie et d'Électrométallurgie, Grenoble.*)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transposition allylique dans la série des acides chlorovinylacétiques.* Note (*) de M. **Roger Vessière**, transmise par M. Marcel Delépine.

En milieu basique, les nitriles, acides et esters chlorovinylacétiques donnent lieu à un phénomène de transposition allylique (prototropie). Ce phénomène

étudié par R. Rambaud sur les composés α-chlorés ([1]), l'a été par nous-même sur les composés β et γ-chlorés ([2]) et ([3]).

La présente Note apporte, pour la série γ-chlorovinylacétique, quelques résultats nouveaux, d'ordre stéréochimique.

Nous avons constaté d'une façon générale que les réactions du type

$$CHCl=CH-CH_2-R + AY \xrightarrow{\text{base}} Y-CH_2-CH=CH-R + ACl$$

conduisaient uniquement au composé crotonique substitué de structure trans quel que soit l'isomère chlorovinylacétique du départ.

1. *Action du carbonate de sodium sur les nitriles γ-chlorovinylacétiques cis et trans.* — Dans les deux cas, la réaction fournit un seul et même produit.

20 g de nitrile (cis ou trans) sont traités par 2 g de cabonate de sodium dans 200 ml d'eau. Le mélange est chauffé 10 h à reflux sous agitation. Après refroidissement on extrait à l'éther, sèche les extraits éthérés et chasse le solvant.

On isole ainsi 6 à 8 g d'un liquide : $É_{15}$ 119-120°; d_4^{20}, 1,049; n_D^{20} 1,477, ce liquide s'identifie au nitrile trans γ-hydroxycrotonique déjà obtenu par Van Dormaël ([4]) par action de la potasse sur le β-hydroxy-γ-chlorobutane nitrile et par nous-même, par action du carbonate de sodium sur le nitrile γ-chlorocrotonique trans.

2. *Action de la soude sur les acides γ-chlorovinylacétiques cis et trans.* — Dans les deux cas s'observe une simple prototropie, laquelle conduit à l'acide γ-chlorocrotonique trans.

5 g d'acide γ-chlorovinylacétique (cis ou trans) sont agités à froid avec un léger excès d'une solution de soude à 4 %. Après acidification et extraction à l'éther, on isole 4,5 g de cristaux fondant, après recristallisation dans l'éther de pétrole, à 82-83° ([5]).

3. *Action du carbonate de sodium sur les esters γ-chlorovinylacétiques cis et trans.* — Dans les deux cas, une prototropie accompagne la double hydrolyse de l'ester. On obtient uniquement l'acide γ-hydroxycrotonique trans.

20 g d'ester (cis ou trans) sont traités par un léger excès d'une solution de carbonate de sodium à 20 %. Le mélange violemment agité, est chauffé à reflux jusqu'à obtention d'une seule phase.

Après acidification et extraction continue à l'éther, on isole 9,5 g de cristaux fondant à 107-108° (acétate d'éthyle) identiques à ceux déjà obtenus par R. Rambaud ([1]) et ([6]) par action de la soude sur les γ-acétoxycrotonates d'alcoyle ou les chlorohydroxybutyrates.

4. *Action de la diéthylamine sur les γ-chlorovinylacétates d'éthyle cis et trans.* — Dans les deux cas se forme le γ-diéthylaminocrotonate d'éthyle trans, et lui seul.

15 g d'ester (cis ou trans) dissous dans 50 ml d'éther sec sont mis en présence de 24 g de diéthylamine. On laisse au repos 4 jours. Après avoir filtré le chlorhydrate de diéthylamine

formé et chassé l'éther, on isole par distillation 9 g d'un liquide $É_{12}$ 105-106°; d_4^{20} 0,9266; n_D^{20} 1,4525, picrate fondant à 97-98° (alcool).

R. Rambaud (⁴) avait atteint ce même composé par action de la diétylamine sur le γ-bromocrotonate d'éthyle trans et nous-même, l'avions obtenu par action de cette même base sur le γ-chlorocrotonate d'éthyle trans.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

(¹) *Bull. Soc. Chim.*, 5ᵉ série, 1, 1934, p. 1317.

(²) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 811.

(³) *Bull. Soc. Chim.*, 1953, p. 20.

(⁴) *Mém. Acad. Roy. Belg.*, *Classe des Sciences*, 20, fasc. 4, 1945.

(⁵) R. Rambaud et A. Broche, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 974.

(⁶) *Bull. Soc. Chim.*, 1956, p. 475.

MINÉRALOGIE. — *Sur l'origine des oxydes de titane observés dans les bétafites et les euxénites métamictes et recristallisées sous l'action de la chaleur*. Note (*) de MM. **Jean Orcel** et **Daniel Fauquier**, transmise par M. Charles Mauguin.

Le rutile formé au cours de la recristallisation à 680° des bétafites métamictes est bien dû à ce processus. Il ne provient pas de la transformation de l'anatase mise en évidence dans ces minéraux avant 680°, car la transformation anatase-rutile se produit à 920°. L'anatase contenue dans les bétafites et dans les euxénites naturelles est un produit d'altération secondaire de ces minéraux dans leurs gisements.

Dans une étude antérieure [1], nous avions signalé la présence des raies de l'anatase dans les diagrammes de rayons X obtenus par la méthode des poudres (radiation $K\alpha$ du cuivre) sur la bétafite de Ranomafana (Madagascar). Nous avons constaté ensuite que ces raies existaient aussi dans les diagrammes de nombreux échantillons de bétafite, naturelle ou chauffée à 110°, provenant des pegmatites de Madagascar. Ces résultats généralisent l'observation faite par Takubo J., Ueda T., Nishimura S. sur un spécimen de bétafite de Mandchourie [2].

Nous avions établi d'autre part [3] que les diagrammes X des bétafites métamictes recristallisées mettaient en évidence la présence du rutile dans les produits de la recristallisation.

Dès lors, il était nécessaire de s'assurer que ce rutile s'était bien formé au cours du processus de recristallisation de la bétafite et ne provenait pas de la transformation de l'anatase préexistante.

Dans ce but, nous avons exécuté une série de diagrammes de rayons X sur plusieurs spécimens de bétafite de Madagascar soumis aux températures suivantes : température ordinaire, 100, 300, 600, 720° (immédiatement après le point de recristallisation de la bétafite) [4] 1000°, et sur le produit de fusion (le point de fusion étant de 1350° ± 20°). Le chauffage à 600° a été prolongé pendant 263 h.

Ces essais ont montré que les raies de l'anatase subsistent seules, sans changement, jusqu'à 600°. A 720° apparaissent avec netteté presque toutes les raies du rutile, et il est à noter que la raie principale de l'anatase (à 3,51 Å) subsiste. A 1000°, cette raie de l'anatase a disparu, les raies du rutile étant toujours présentes.

D'autre part, nous basant sur les anciennes expériences de Schröder ([3]), relatives aux transformations des oxydes de titane naturels sous l'action de la chaleur, nous avons porté deux cristaux d'anatase du Brésil (n° 98.348 et 79.97 de la collection du Muséum) successivement à 650° pendant 23 h, à 710°, puis à 920°.

Après chauffage aux deux premières températures, les poudres de chacun de ces cristaux donnent toujours et exclusivement les raies très nettes de l'anatase. Par contre, à 920°, toutes les raies du rutile apparaisent, et seule subsiste la raie principale (3,51 Å) très affaiblie de l'anatase. Celle-ci disparaît d'ailleurs complètement à 1000°, ce qui confirme les résultats de Schröder, fixant à 910° C le point de transformation de l'anatase en rutile.

Il est à noter, en vue d'études ultérieures, que les cristaux d'anatase que nous avons soumis à l'analyse thermique différentielle fournissent des courbes ne mettant en évidence aucune anomalie thermique correspondant à cette transformation.

En comparant ces résultats avec ceux que l'on obtient dans les expériences de recristallisation de la bétafite avant fusion, on voit que le rutile formé à 680° ne saurait provenir de la transformation de l'anatase préexistant dans la bétafite naturelle. De plus, la chaleur dégagée dans la substance à cette température au moment de la recristallisation est insuffisante pour provoquer cette transformation.

En effet, la mesure de la hauteur du crochet exothermique montre que l'accroissement de température de la substance dépasse rarement 5° C et n'atteint jamais 10° C.

Comme la recristallisation se produit à 680° la substance n'est jamais portée à une température supérieure à 690° C. Ces résultats montrent bien que, contrairement à l'opinion avancée par Takubo, Ueda, et Nishimura, le phénomène exothermique observé au cours de la calcination de la bétafite ne peut être attribuée à la transformation de l'anatase en rutile.

Origine de l'anatase dans la bétafite naturelle. — Il est fort probable que l'anatase mise en évidence dans les bétafites naturelles, fait partie du cortège de leurs produits d'altération. En effet, tous les prélèvements que nous avons effectués en divers points des croûtes d'altération des cristaux de bétafites de Madagascar, nous ont permis de mettre en évidence à la fois les raies de l'anatase, de la kaolinite et de la lépidocrocite. Les nom-

breuses veinules d'altération, formant souvent à l'intérieur des cristaux un réseau irrégulièrement développé, ne renferment que de l'anatase.

Par comparaison, nous avons étudié un cristal d'euxénite de Madagascar. La croûte rouge de ce cristal et les fines veinules qui le traversent donnent lieu aux mêmes observations que les bétafites. Cependant, dans l'euxénite, on peut aisément prélever de la substance dans les parties saines délimitées par les veinules d'altération, et constater qu'elles sont totalement amorphes et exemptes notamment d'anatase. Dans les cristaux de bétafite, l'altération est tellement avancée qu'il est impossible d'isoler des parties intactes ne montrant pas les raies de l'anatase.

La présence d'anatase dans les produits d'altération de minéraux titanifères a été signalée plusieurs fois par l'observation au microscope polarisant. Par exemple, A. Lacroix [6] a étudié la formation d'anatase aux dépens de l'ilménite dans les gneiss des environs de Vannes, et aux dépens du sphène dans les cipolins de Sainte-Marie-aux-Mines.

Dans le cas des minéraux étudiés ici, l'exiguïté des cristallites d'anatase qu'ils renferment est telle qu'il ne nous a pas été encore possible de les déceler par l'observation microscopique.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

(1) J. Orcel, *Bull. Soc. Belge de Géol. Paléont. Hydrol.*, **65**, 1956, p. 191.

(2) *J. Geol. Soc. Jap.*, **57**, nº **668**, p. 171-177.

(3) J. Orcel, D. Fauquier et M. Foëx, *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 658.

(4) J. Orcel et C. Lévy, *Comptes rendus*, **236**, 1955, p. 1177.

(5) *Z. Krist.*, **67**, 1928, p. 532.

(6) *Minéralogie de la France*, 3, p. 186-189.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Étude radiocristallographique du chlorhydrate de pyridinoxyde.* Note de M. **Georges Tsoucaris**, transmise par M. Charles Mauguin.

Le chlorhydrate de pyridinoxyde appartient au groupe de recouvrement nº 19 : $P\,2_1 2_1 2_1$. Les arêtes de la maille ont pour longueurs : $a_0 = 11,04$ Å $\pm$ 0,02 Å, $b_0 = 7,26$ Å $\pm$ 0,02 Å, $c_0 = 7,55$ Å $\pm$ 0,05 Å. La maille contient quatre molécules.

Le pyridinoxyde, C_5H_5NO, est une base très faible qui donne des sels bien cristallisés avec les hydracides.

Le chlorhydrate cristallise en plaquettes allongées à partir de sa solution alcoolique.

Les extinctions systématiques observées sur les diagrammes de Weissenberg conduisent au groupe spatial nº 19 : $P\,2_1 2_1 2_1$.

Les paramètres de la maille obtenus à partir des réflexions $h00$, $0k0$ et 001 d'indices élevés (rayonnement $K\alpha_1$ du cuivre, $\lambda = 1,5405$ Å) sont

$$a_0 = 11,04 \text{ Å} \pm 0,02 \text{ Å},$$
$$b_0 = 7,26 \text{ Å} \pm 0,02 \text{ Å},$$
$$c_0 = 7,55 \text{ Å} \pm 0,05 \text{ Å}.$$

La mesure de la densité a donné un nombre de molécules par maille égal à 4.

La projection du diagramme de Patterson sur le plan (001) a confirmé que la molécule est en position générale et a donné les coordonnées de l'atome de chlore.

L'application de la méthode de l'atome lourd a permis d'obtenir le diagramme de la projection de la densité électronique sur ce plan. Il montre clairement l'emplacement de la molécule.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Étude radiocristallographique du chlorhydrate de triméthylaminoxyde.* Note de M. **Claude Rérat**, transmise par M. Charles Mauguin.

Le chlorhydrate de triméthylaminoxyde $(CH_3)_3NO, ClH$ appartient au groupe de recouvrement n° 62 : Pnam. Les arêtes de la maille ont pour longueurs :

$$a_0 = 14,27 \text{ Å} \pm 0,05 \text{ Å},\ b_0 = 5,40 \text{ Å} \pm 0,05 \text{ Å},\ c_0 = 7,61 \text{ Å} \pm 0,05 \text{ Å}.$$

La maillle contient quatre molécules. Le chlore, l'oxygène, l'azote et un carbone se trouvent en position spéciale.

Les cristaux de chlorhydrate de triméthylaminoxyde obtenus à partir de sa solution dans le glycol appartiennent au système orthorhombique. Ce sont des plaquettes en forme de losanges. Les paramètres de la maille ont été mesurés à partir de diagrammes de Weissenberg au moyen des réflexions d'ordres élevés de la raie $K\alpha_1$ du cuivre ($\lambda = 1,5405$ Å) sur les plans réticulaires (100), (010) et (001).

Les résultats sont les suivants :

$$a_0 = 14,27 \text{ Å} \pm 0,05 \text{ Å},$$
$$b_0 = 5,40 \text{ Å} \pm 0,05 \text{ Å},$$
$$c_0 = 7,61 \text{ Å} \pm 0,05 \text{ Å}.$$

Le calcul du nombre Z de molécules par maille donne $Z = 4$, en utilisant la valeur de la densité mesurée $d_m = 1,2 \pm 0,1$.

L'étude du réseau polaire montre que les réflexions possibles sont :

khl : tous les ordres,

$hk0$: tous les ordres,

$h0l$: $h = 2n$,

$0kl$: $k + l = 2n$,

ce qui conduit aux groupes n° 33 : $Pna2_1$, et n° 62 : Pnam.

La projection de la densité électronique sur le plan (001) a été obtenue par application de la méthode des remplacements isomorphes en utilisant un cristal de bromhydrate.

D'autre part, la projection du diagramme de Patterson sur le plan (010) a permis d'obtenir directement la projection sur ce plan de la densité électronique.

Le groupe de recouvrement est Pnam. La molécule $(CH_3)_3NO$ a la forme d'un tétraèdre. Les atomes de chlore, d'oxygène, d'azote et de carbone se trouvent dans le plan de symétrie $z = 1/4$. Les deux autres atomes de carbone sont en position générale, symétriques par rapport à ce plan.

GÉOLOGIE. — *La bifurcation de l'anticlinal des Cornouailles dans le département des Deux-Sèvres*. Note de M. **Gilbert Mathieu**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La considération des axes synclinaux de quartzite blanc (grès armoricain) et des régions anticlinales occupées par les amphibolites et phtanites du Briovérien inférieur nous a conduit à décrire depuis 1932 une série de plissements dans le Bocage vendéen, les Mauges et la Gâtine [1].

En schématisant à l'extrême toute la région primaire au Sud de la Loire on arrive à répartir les divers accidents géologiques dans trois grandes unités tectoniques :

1° Les Mauges;

2° Le Haut-Bocage vendéen et la Gâtine;

3° Le Bas-Bocage et la région côtière de Retz.

Les Mauges, où les assises du Briovérien sont peu inclinées, montrent au Sud du sillon du Layon des alignements Nord-Est-Sud-Ouest, tels que la bande d'amphibolite de Lorroux-Bottereau ou Est-Ouest, tels que les axes de quartzite de Trémentine.

Au Sud des Mauges se développe l'anticlinal des Cornouailles avec la bande de granulite Nantes-Parthenay, bande n° 17 de Ch. Barrois [2] émettant la branche n° 17 *bis* sur Thouars.

En réalité cette région mérite une analyse plus détaillée, montrant un tel élargissement des plis sud-armoricains vers l'Est qu'il implique la nécessité d'une bifurcation de l'anticlinal des Cornouailles. En effet, l'anticlinal des Cornouailles (branche principale) aboutit au massif granulitique du Terrier du Fouilloux, entre Parthenay et Ménigoute, tandis que, plus au Nord de Parthenay, mais toujours au Sud des Mauges, se développe la masse granulitique de Thouars.

Entre les anticlinaux granulitiques de Thouars et de Parthenay se forme le faisceau des synclinaux de la Romagne à Saint-Loup-sur-Thouet.

Le contact des faisceaux de plis des Mauges et du Bocage vendéen se fait brutalement par une longue ligne de mylonite ([3]) déjà décrite. Mais en descendant vers le Sud-Ouest l'anticlinal se complète par la bande de granite des Aubiers, bordée au Nord par les gneiss de la tranchée du chemin de fer de Saint-Loup-sur-Thouet qui ont des faciès d'embréchites.

L'anticlinal des Cornouailles à Parthenay est lui-même flanqué de granulite écrasée (remarquable en préparation microscopique) prenant, à l'échelle du terrain, l'aspect d'orthogneiss très semblable à la classique granulite écrasée de Ligugé.

La cartographie dans le détail *rubannée* en granulite et granite de l'anticlinal des Cornouailles en Gâtine se poursuit sous le Jurassique du Poitou, puisqu'un forage récent a retrouvé le granite des Aubiers sous Migné-les-Lourdines (à 137 m de profondeur sous un Lias très mince) à 10 km au Nord de Poitiers, tandis qu'au Sud de Poitiers, à Ligugé et à Villemonay-Champagné-Saint-Hilaire, le socle montre la granulite.

En même temps, le phénomène très net de la flexure Bressuire-Parthenay donne à l'anticlinal principal une direction plus Nord-Sud, tandis que la branche de Thouars s'infléchit Ouest-Est.

Là où existe la bande de granulite écrasée à l'Ouest de Parthenay, on a le contact direct de la granulite avec le schiste à séricite (micaschistes supérieurs), tandis que vers Saint-Maixent et jusqu'à Secondigny-en-Gâtine se développent les micaschistes inférieurs, sur le flanc Sud de l'anticlinal (micaschistes de Reffanes et Saint-Pardoux-en-Gâtine).

L'anticlinorium des Cornouailles est suivi, au Sud, du faisceau des plis sud-armoricains de la fosse subsidente de Chantonnay, qui renferment du Cambrien, du Silurien [ce dernier comportant de l'Ordovicien fossilifère à Réaumur (Vendée) et du Gothlandien à Puy-Hardy (Deux-Sèvres)], enfin du Givétien à la Ville-Dé-d'Ardin, sans compter le détail du Carbonifère.

On ne peut considérer l'anticlinal de Paimbœuf, Les Essarts, Mervent, Saint-Pompair (Deux-Sèvres), gneiss de l'Hermitain, comme un simple satellite de l'anticlinal de Cornouailles ([4]). Il s'en écarte graduellement pour laisser la place à la fosse de Chantonnay. Il marque lui-même la séparation des faisceaux sud-armoricains du Bocage vendéen et de Gâtine d'avec les faisceaux en direction Est-Ouest de la région côtière.

Enfin, soulignons qu'entre les deux anticlinaux des Cornouailles et des Essarts-Mervent, comportant l'un comme l'autre des granites intrusifs recoupant des gneiss, le Cambrien et le Silurien du fossé Chantonnay-Saint-Maixent ne montrent qu'un métamorphisme insignifiant.

Dans le parallélogramme Nantes-Angers-Les Sables-Niort, les plis sud-armoricains du Bocage vendéen traversent en diagonale un territoire briovérien qui présente les directions Est-Ouest du Léon.

Les compressions les plus importantes se sont effectuées du Sud-Ouest vers le Nord-Est pour les plis du Haut-Bocage, mais l'anticlinal de l'île d'Yeu montre au contraire un dispositif inverse. La chaîne carbonifère en Vendée présente un double déversement : au Nord-Est poussée sur les Mauges, au Sud-Ouest déversée vers l'Océan.

Conclusion. — L. de Launay ([5]) avait admis la bifurcation de la traînée granulitique du Sud du Massif armoricain en deux arcs granulitiques du Massif Central : bande Est-Ouest de la Marche et bande Nord-Sud du Limousin.

Cette division des granulites dans la chaîne carbonifère débuterait en réalité dès Cholet par la ligne des mylonites joignant Montfaucon (Maine-et-Loire) à l'apophyse de granulite d'Argenton-Château (Deux-Sèvres) du batholite de Thouars.

([1]) G. Mathieu, *Thèse*, Sciences, Lille, 1937.
([2]) Ch. Barrois, *Livre Jubilaire*, *Soc. Géol. Fr.*, 1, 1930, p. 83.
([3]) G. Mathieu, *Comptes rendus*, 241, 1956, p. 1216.
([4]) J. Cogné, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3, 1953, p. 785.
([5]) de Launay, *Géologie de la France*, Armand Colin, 1914, Carte Vendée-Limousin.

(*Faculté des Sciences de Poitiers, laboratoire de Géologie.*)

PALÉONTOLOGIE. — *Les œufs de Dinosauriens du Bassin d'Aix-en-Provence.* Note (*) de MM. **Raymond Dughi** et **François Sirugue**, présentée par M. Roger Heim.

Depuis les premières indications de Matheron en 1869, les seuls fossiles d'œufs de Dinosaures connus dans un état suffisant de conservation, comprenaient, hormis les œufs de *Protoceratops* découverts dans le désert de Gobi de 1922 à 1925, des fragments de coquilles recueillies dans le Rognacien en quelques points du Midi de la France, deux moitiés d'œufs et un œuf plus complet extraits des grès de Rousset dans le Bassin d'Aix. L'attribution au sauropode *Hypselosaurus priscus* de ce matériel, qu'on regardait comme propre au Danien continental, était, disait-on hautement probable. D'après A. F. Lapparent, les œufs, subsphériques ou légèrement ovales, de 17 cm de diamètre ou d'axes égaux à 14 et 16,5 cm, seraient pourvus de deux coquilles, l'une interne épaisse de 2 mm, l'autre externe épaisse de 2,7 à 3 mm et plus fortement papilleuse à sa surface extérieure, possédant toutes la microstructure décrite par Van Straeler et Denaeyer ([1]).

Dans le Bassin d'Aix, les fossiles en question, loin d'être rares, sont au contraire répandus dans le Danien : s'il existe, en effet, des fragments de coquille déjà remaniés dans les diverses couches de cet étage sauf dans la plupart des calcaires, il est beaucoup plus fréquent que les fragments qu'on observe à la surface des couches gréseuses et surtout argileuses proviennent d'œufs attaqués par l'érosion parmi ceux que la masse des couches contient en grand nombre, isolément ou en groupes, en de mul-

tiples stations [2]. On en trouve également dans le Bégudien argilo-gréseux, où ils sont accompagnés d'ossements de Reptiles, notamment *Crocodilus*, *Rhabdodon*, *Hypselosaurus*. Chose plus intéressante, ils sont abondants dans des couches fluvio-lacustres supérieures au calcaire rognacien le plus élevé; tel est le cas, par exemple, des argiles montiennes au Sud-Ouest de Puyloubier, de celles du Canet, et, au pied de la montagne Sainte-Victoire, dans la région de Roques-Hautes, de deux formations, qui sont certainement les plus importants gisements d'œufs de Dinosaures qu'on ait mis en évidence à ce jour. Ce sont ici les couches argileuses, superposées au calcaire de Rognac et surmontées par des brèches dures, de la cassure anticlinale passant au Sud de Roques-Hautes — jadis discernée par Collot — et, plus haut dans la série, dans la vallée de Roques-Hautes, au Nord de la Ferme, sous des calcaires éocènes, les argiles, les grès et les marnes blanchâtres que Collot assimilait déjà aux marnes rouges du Cengle, et enfin les argiles de Riouffé [3].

Ces observations, faites par le Musée d'Histoire naturelle d'Aix-en-Provence avec la collaboration de M. Galito, nous ont conduits à l'étude de plus de dix mille fragments de coquilles et de plusieurs dizaines d'œufs entiers.

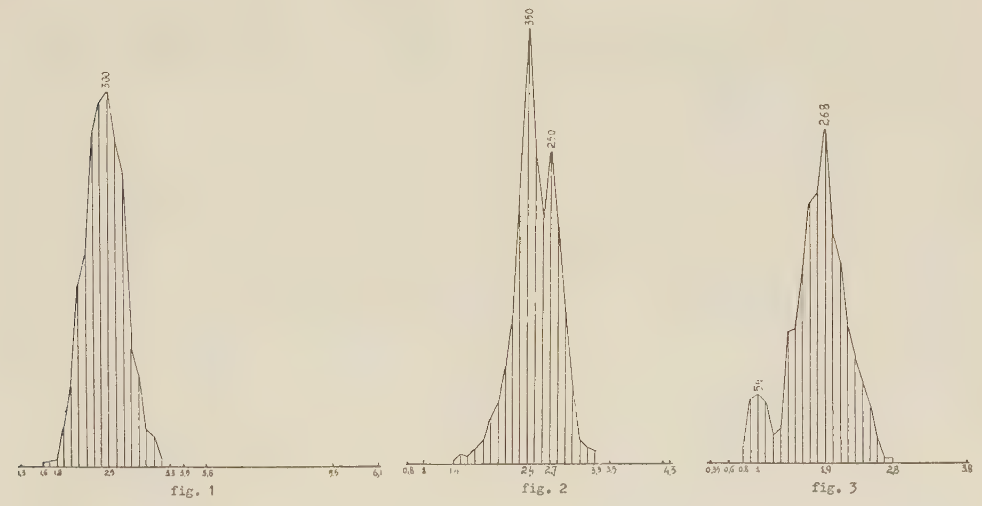
Dès l'origine, les coquilles étaient dures comme chez *Sphenodon*, chez les Tortues et chez les Crocodiles : les œufs, pleins du sédiment ayant pénétré par rupture ou après issue de la bête, affectent constamment, même écrasés dans des brèches, la forme d'œufs à coque dure plus ou moins brisée, et jamais celle d'œufs à coque membraneuse; d'ailleurs les fragments de coquilles ont conservé leur courbure primitive, à de très rares exceptions près [4].

La coquille de chaque œuf est unique comme on s'en convainc en examinant des œufs en place, mais, par suite des pressions qu'elle a subies, elle a souvent été fragmentée et certaines de ses parties ont glissé sous d'autres, si bien que par places, deux, trois ou plusieurs morceaux de coquille se trouvent superposés. Il est aussi arrivé que des fragments de coquille étrangers à un œuf soient venus s'y accoler [5].

La microstructure générale des coquilles, déjà connue, est partout identique à elle-même. On constate cependant des variations notables du diamètre moyen des prismes de calcite, et par conséquent du diamètre et de la hauteur des papilles qui les terminent vers l'extérieur, sans que ces variations soient liées, ni au gisement de l'œuf, ni à l'épaisseur de la coquille, laquelle oscille dans l'ensemble de 0,35 à 6,1 mm et possède une signification taxinomique, ce que montre l'étude statistique de trois lots de deux mille coquilles provenant chacun d'une station différente (*fig.* 1, 2, 3).

Les œufs des grès de Rousset et du Danien en général sont subsphériques ou déformés en lentilles, les autres sont ellipsoïdaux malgré diverses déformations.

Le Bégudien ne nous a fourni que des fragments de coquilles blanchâtres dont l'épaisseur varie de 0,7 à 2 mm. Nous avons trouvé au-dessus : 1° des œufs de 20 × 18 cm à coquille brune épaisse (Danien); 2° des œufs ellipsoïdaux de 20 × 10 cm à coquille brune épaisse (argiles de la cassure au Sud de Roques-Hautes); 3° des œufs ellipsoïdaux de 21 × 14 cm à coquille blanchâtre d'épaisseur moyenne (argiles et marnes au Nord de la Ferme de Roques-Hautes); 4° des œufs ellipsoïdaux de 15 × 9 cm à coquille blanchâtre mince (argiles et marnes au Nord de la Ferme de Roques-Hautes); 5° des œufs ellipsoïdaux de 22,5 × 15 à coquille brune mince (argile de Riouffé). De plus, on doit admettre l'existence probable d'un autre œuf à coquille brune épaisse dans les argiles de la cassure au Sud de Roques-Hautes (*fig.* 2), et aussi d'un œuf à coquille blanchâtre très mince dans les argiles et les marnes au Nord de la Ferme de Roques-Hautes (*fig.* 3).



Polygones de fréquence des épaisseurs des fragments de coquilles d'œufs de Dinosaures dans le Bassin d'Aix (lots de 2 000 fragments). Fig. 1 : grès de Rousset; Fig. 2 : argiles au Sud de Roques-Hautes; Fig. 3 : argiles au Nord de la Ferme de Roques-Hautes. Les points en abscisse hors des polygones répondent à des fragments de coquilles très exceptionnels.

Ainsi qu'on le voit, les travaux ultérieurs devront s'attacher, entre autres objets, d'une part à tenter la difficile attribution de tous ces œufs à divers Reptiles, et d'autre part à reprendre, sur des bases nouvelles, le vieux problème de la délimitation paléontologique du Crétacé supérieur et du Paléocène dans la série fluvio-lacustre du golfe de Basse-Provence.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

(1) *Voir* A. F. de Lapparent, *Mém. Soc. géol. Fr.*, n° 56, 1947 et J. Piveteau, *Traité de paléontologie*, 5, Paris, 1955.

(2) Il en est de même semble-t-il hors du Bassin d'Aix : l'un de nous a reconnu des œufs éclatés dans les argiles daniennes de Fox-Amphoux.

(3) *Voir* L. Collot, *Description géologique des environs d'Aix-en-Provence*, Montpellier, 1880, p. 100, 101, 222, 223, pl. IV, coupe 3, et fig. O, E, E'.

(4) Par immersion dans l'acide chlorhydrique et lavage, on obtient des sortes de coupes tangentielles (sections des prismes, pores). Les coquilles gauchies ainsi traitées laissent voir que leurs déformations sont dues à des ruptures.

(5) Nous possédons trois fragments de coquilles formés chacun de deux coquilles d'égale épaisseur séparées pas une mince couche de calcite blanche et si intimement unies que les papilles de l'une s'engrènent dans les dépressions du réseau sinueux de la face inférieure de l'autre. Peut-être s'agit-il d'une coquille double tératologique.

(*Musée d'Histoire Naturelle, Aix-en-Provence.*)

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Point végétatif et point inflorescentiel chez le* Cleome spinosa *Jacq.* Note (*) de M. **Moustapha Hadj-Moustapha**, présentée par M. Lucien Plantefol.

L'inflorescence en grappe simple, sans fleur terminale, de *Cloeme spinosa* présente un apex dont la structure, comportant un anneau initial inflorescentiel, ressemble à celle d'un point végétatif.

Nous avons précédemment établi comme caractères morphologiques fondamentaux de l'inflorescence de *Cleome spinosa*, d'une part l'absence de fleur terminale, d'autre part la présence de cinq hélices bractéoflorales faisant suite à deux hélices foliaires végétatives. Il est intéressant de comparer la zonation de l'apex qui demeure la même au cours du développement.

La coupe axiale de l'apex d'un pied portant une vingtaine de feuilles (*fig.* 1) nous montre les territoires suivants :

1° Une zone latérale très active : l'anneau initial (L. Plantefol);

2° Une région apicale, à activité très réduite : le méristème d'attente (R. Buvat);

3° Un méristème dont les cellules sont rangées en files, entouré par l'anneau initial : le méristème médullaire.

Le passage à l'état inflorescentiel se produit sans changement appréciable de la zonation apicale (*fig.* 2).

Dans un apex inflorescentiel (*fig.* 3) la partie latérale reste très active : elle fournit les bractées, les fleurs et les soubassements bractéo-floraux. L'anneau initial végétatif ne s'épuise donc pas en passant de la partie végétative à la partie inflorescentielle; il change de fonction : c'est l'anneau initial inflorescentiel (1). Les quelques divisions de la zone apicale ne font qu'agrandir cette région.

Les caractères cytologiques de chacun des trois territoires de l'apex végétatif, lors du passage à l'état reproducteur et au niveau de l'inflorescence, ne subissent pas de variations importantes.

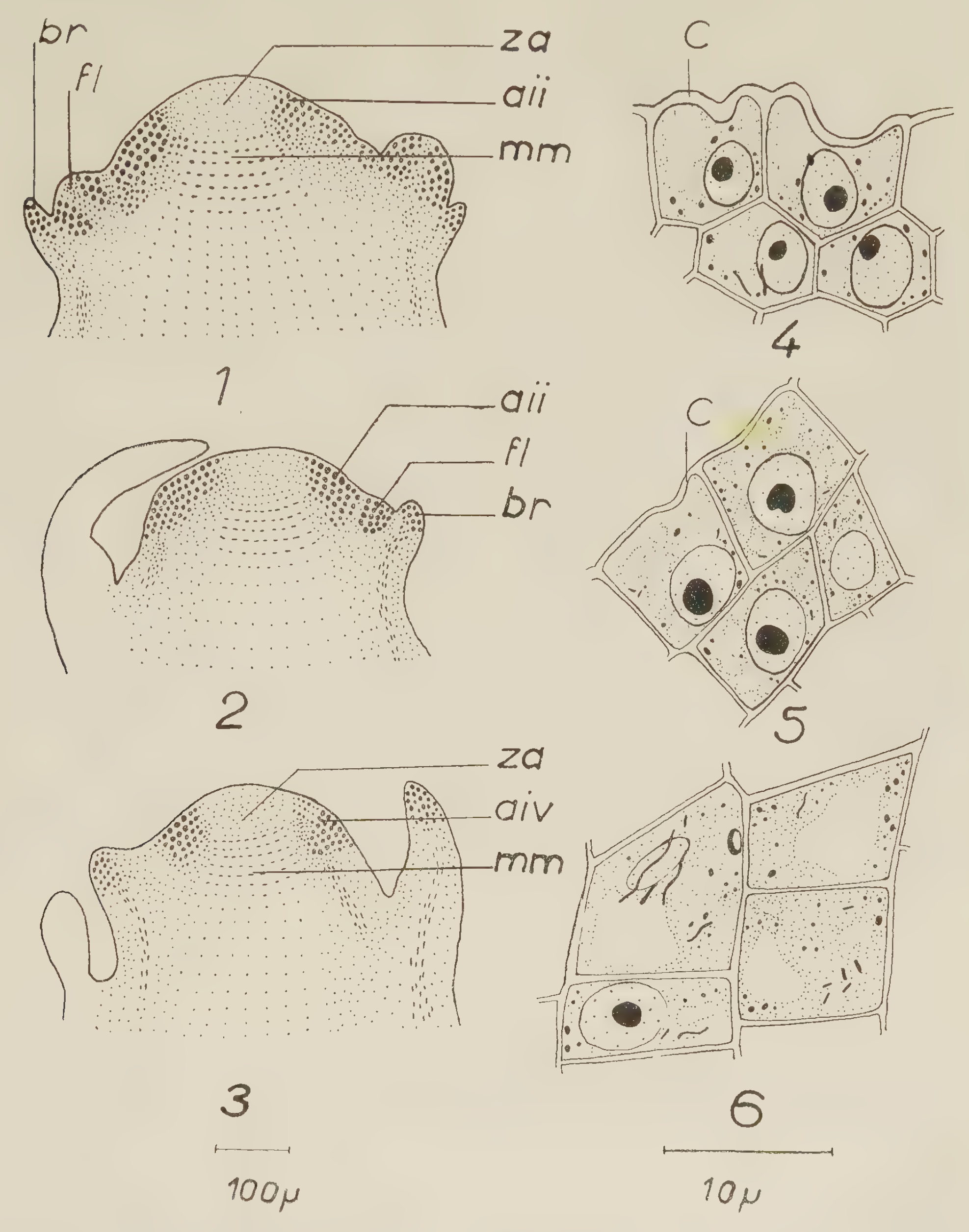


Fig. 1, 2, 3. — Schémas montrant la zonation de l'apex d'après des coupes contrôlées par le test de Brachet. 1, point végétatif; 2, passage à l'état inflorescentiel; 3, apex inflorescentiel.

Fig. 4, 5, 6. — Étude cytologique des trois territoires de l'apex lors du passage à l'état inflorescentiel (Regaud-hématoxyline).

4, zone apicale; 5, anneau initial inflorescentiel; 6, méristème médullaire.

a.i.i, anneau initial inflorescentiel; *a.i.v*, anneau initial végétatif; *c*, cuticule; *br*, bractée; *fl*, fleur; *m.m*, méristème médullaire.

Ces caractères, au moment du passage, sont les suivants :

La zone apicale (*fig.* 4) présente des cellules à grandes vacuoles; leur cytoplasme contient de petites mitochondries, d'autres plus volumineuses (proplastes probablement), et quelques filaments; le noyau est assez gros, à un seul nucléole de 1,4 μ de diamètre.

Dans l'anneau initial inflorescentiel (*fig.* 5) les cellules ont sensiblement les mêmes dimensions que celles de la zone précédente. Pour cette raison peut-être les préparations fixées au Navachine et colorées à l'hématoxyline ne décèlent que très légèrement la zonation apicale, alors que le test de Brachet la met parfaitement en évidence. Le diamètre de l'unique nucléole est considérablement plus grand (2,1 μ); le cytoplasme, creusé de nombreuses petites vacuoles, contient un chondriome formé presque uniquement de petites mitochondries accompagnées de quelques bâtonnets. La cuticule *c* est manifestement moins épaisse que dans la zone apicale.

Les cellules du méristème médullaire (*fig.* 6) sont largement vacuolisées; leur chondriome est formé de mitochondries (parmi lesquelles se voient quelques grains plus volumineux), de bâtonnets, et même de chondriocontes dont certains, plus longs que les autres, se groupent souvent en faisceau autour du noyau d'une manière très caractéristique. Déjà on remarque quelques amyloplastes.

En conclusion : dans une inflorescence en grappe simple, sans fleur terminale, dont toutes les fleurs sont axillées par des bractées, la structure de l'apex inflorescentiel est la même que celle d'un point végétatif, à cette différence près que l'anneau initial est inflorescentiel, c'est-à-dire édifie des bractées immédiatement suivies du méristème floral axillaire.

Le manchon méristématique, que Grégoire a cru montrer pour toutes les inflorescences, fait défaut dans l'inflorescence en grappe de *Cleome spinosa*.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1059.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évolution du méristème apical de* Beta vulgaris L. (*variété Cérès sucrière*) *de la germination à l'inflorescence*. Note (*) de Mme **Arlette Lance** et **Pierre Rondet**, présentée par M. Lucien Plantefol.

La tige florifère de la Betterave sucrière est édifiée par un méristème inflorescentiel dont le fonctionnement est caractérisé par la présence d'une zone apicale axiale qui devient active, bien que sa dédifférenciation soit lente et progressive, et aux dépens de laquelle se forment, latéralement, les bractées et les fleurs.

Un traitement lumineux, appliqué dès la germination, nous a permis d'obtenir une floraison précoce, au cours de la première année, chez la

Betterave sucrière, bisannuelle. Nous préciserons ici l'ontogénie du méristème ainsi traité, depuis la germination jusqu'à la floraison. Dans la graine, l'apex exigu possède deux primordiums foliaires; dès la germination, des mitoses anticlines situées à leur aisselle régénèrent le méristème entamé par leur surrection. Une coupe longitudinale perpendiculaire aux cotylédons montre la naissance du troisième primordium foliaire (*fig.* 1, *P* 3) qui utilise *totalement* le flanc droit de l'apex. Sur le flanc gauche, des cellules sidérophiles, à nucléoles volumineux, édifient le soubassement *S* 4 de la future feuille. Entre le primordium *P* 3 et ce soubassement, il ne reste qu'un très petit nombre de cellules, soit deux assises superficielles formant une *tunica* (*T*) bisériée et, au-dessous d'elle, un petit massif de *corpus* (*C*) surmontant des cellules de méristème médullaire (*Mm*) où les cloisonnements périclines sont assez fréquents.

Des mitoses anticlines régénèrent bientôt l'apex à l'aisselle du primordium *P* 3. A cause même de l'exiguïté du méristème, elles atteignent obligatoirement la zone axiale : *il n'y a pas de méristème d'attente inactif bien que la zone organogène latérale ou « anneau initial » soit évidente.* Au cours des plastochrones suivants, le méristème d'attente s'affirme et grandit. La figure 2 montre l'initium de rang 7 (*i* 7) et, à gauche, l'anneau initial (*Ai*) régénéré à l'aisselle de la quatrième feuille. La partie axiale de l'apex tout en s'accroissant, tend constamment à se dédifférencier, ce qu'illustre bien le fort volume des nucléoles apicaux axiaux de la figure 2. *Le traitement lumineux employé, en accélérant le développement de la plante, estompe aussi la zonation.* Mais le méristème s'allonge et s'élargit; les feuilles naissent de plus en plus loin du sommet de l'apex.

Sur la figure 3 (apex âgé de trois mois, 22 feuilles) la zonation histologique est encore moins marquée, le *corpus* axial est, dès lors, abondant et la *tunica* nettement bisériée. Ces changements de forme et de taille du méristème annoncent l'approche de transformations physiologiques importantes. Les soubassements foliaires se réduisent de plus en plus. Corrélativement l'anneau initial produit des feuilles de plus en plus petites, tandis que le matériel cellulaire axial (*tunica* et *corpus*) s'accroît toujours.

Sur la figure 4, où l'apex est en cours de transformation, les organes latéraux naissent sous forme d'émergences assez superficielles et n'entament plus l'apex comme faisaient les feuilles durant la phase végétative. *Le fonctionnement du méristème se modifie profondément. L'anneau initial végétatif, défini par son fonctionnement plastochronique, est en cours d'épuisement.* Tandis que s'affirme cette tendance, la rosette de feuilles commence à se soulever.

Peu après (*fig.* 5, test de Brachet) le méristème initie latéralement des bractées (*b*) et des bourgeons floraux (*bf*) formés par des mitoses périclines de la première assise du *corpus*. Le dôme apical possède une

tunica régulièrement bisériée, un *corpus* abondant riche en acides ribonucléiques (ARN) et qui se divise activement, dans des plans quelconques, à son sommet, mais, plus bas, surtout périclinalement. Au-dessous de lui,

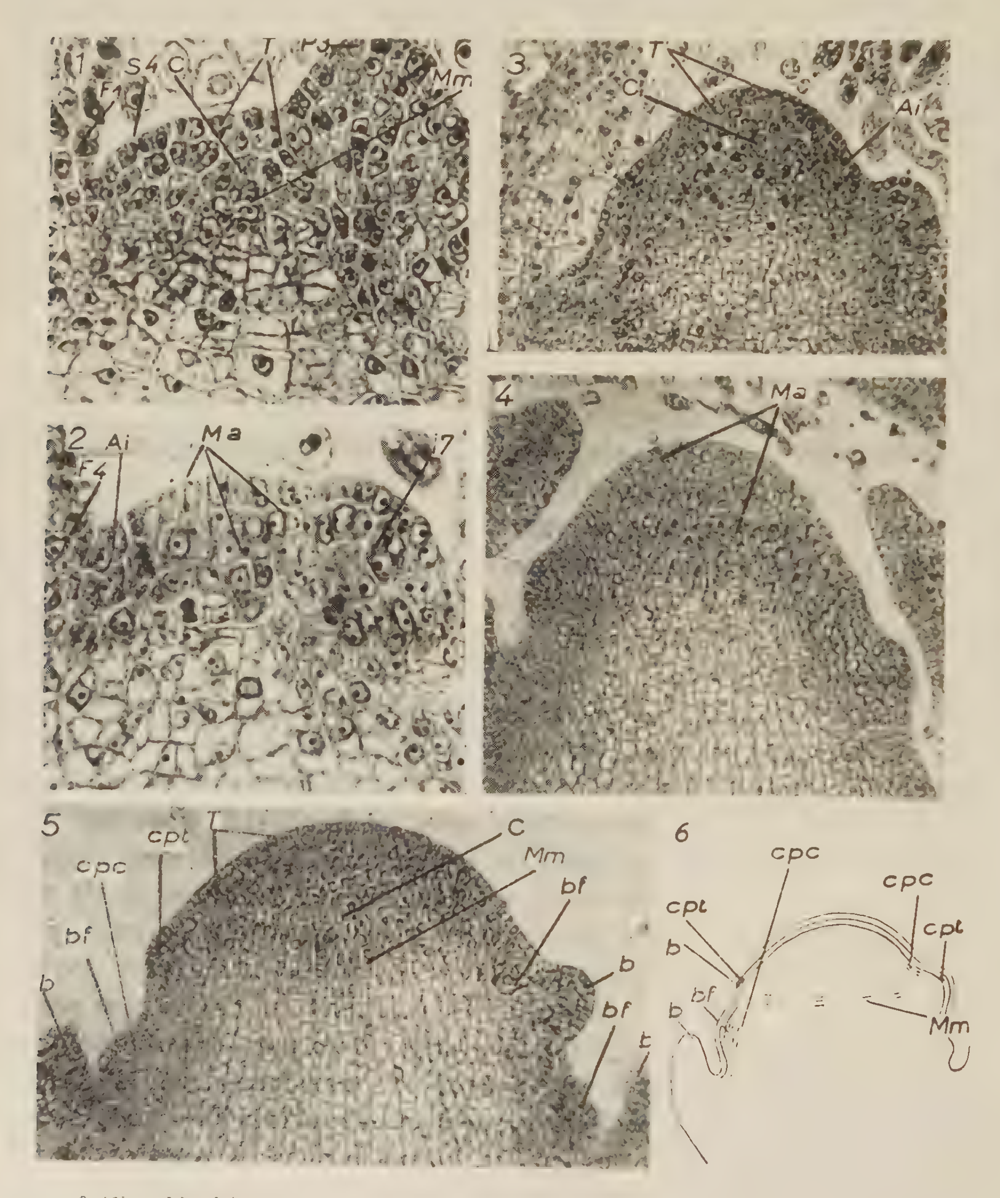


Fig. 1, 2, 3 (Navachine-hématoxyline). — 1, apex à la naissance du troisième primordium (*P* 3); zone axiale réduite; à gauche, 4e soubassement (*S* 4) (× 600). 2, phase plus évoluée, 7e initium (*i* 7), méristème d'attente (*Ma*) plus important (× 600). 3, apex pourvu de 22 feuilles, à droite le 23e primordium; zonation peu marquée; le *corpus* a fortement proliféré (× 300).

Fig. 4, 5. — Test de Brachet; 4, phase de transition, soubassements foliaires réduits, méristème d'attente (*Ma*) en cours de prolifération; 5 et schéma d'interprétation 6; méristème inflorescentiel initiant, latéralement, les bractées (*b*) par des divisions périclines de la *tunica* (*cpt*), les bourgeons floraux (*bf*) par des mitoses périclines du *corpus* (*cpc*), zone axiale riche en ARN. (× 300).

Ai, anneau initial; *C*, *corpus*; *Mm*, méristème médullaire; *T*, *tunica*.

des divisions péricIines de cellules également riches en ARN montrent la persistance et l'activité accrue du méristème médullaire.

Deux zones très actives sont reconnaissables :

1° une zone organogène latérale très dédifférenciée, qui produit les bractées et les bourgeons floraux;

2° une zone apicale axiale, née de la dédifférenciation du méristème d'attente végétatif qui, par sa prolifération, met constamment en place un important matériel cellulaire utilisé ensuite sur les flancs. Tous les tissus centraux, procambium compris, sont dès lors issus de l'activité du *corpus*. Le méristème est donc bien inflorescentiel, mais il ne se forme pas de manchon méristématique homogène, ce qui résulte de la continuation de la croissance en hauteur de l'axe florifère. *Ainsi s'édifie une longue « tige florifère » jalonnée de bractées et de bourgeons floraux* qui apparaissent de plus en plus près du sommet de l'apex où le *corpus* initie en fin de développement un bourgeon floral en position terminale. Chaque bourgeon floral donne, sur ses flancs, par des mitoses périclines du *corpus*, un puis deux bourgeons de second ordre. La deuxième assise tunicale forme ensuite les pièces florales.

Ainsi le traitement lumineux employé accélère le développement de la plante et permet de saisir très nettement l'activation progressive du méristème d'attente, de la phase végétative à la phase florale, puis son importance prépondérante durant cette dernière étape. Si une zone organogène latérale édifiant les bractées et les bourgeons floraux est alors reconnaissable, son existence ne s'explique plus par le fonctionnement plastochronique d'un anneau initial.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le mécanisme de la formation de l'oléorésine dans les feuilles de Pin maritime.* Note (*) de M. **Roger David**, Mme **Colette Bernard**, Mlle **Madeleine Duquerois**, M. **Pierre Guédon** et Mlle **Jacqueline Angeli**, transmise par M. Pierre Dangeard.

Il n'existe pas dans les aiguilles de Pin maritime de balancement journalier entre l'amidon et les grosses inclusions soudanophiles. Ces dernières ne sont pas des « oléorésines neutres » mais plutôt des esters d'acides gras. Les acides résiniques libres situés uniquement dans les canaux sécréteurs se formeraient au niveau de la couche cytoplasmique des cellules bordantes de ces canaux.

En 1929 ([1]), Bargues a donné du mécanisme de la formation de l'oléorésine dans les feuilles du Pin maritime une interprétation qui est devenue classique : en été, les cellules périphériques du parenchyme chlorophyllien

synthétisent de l'amidon pendant la journée; cette substance disparaît pendant la nuit et est remplacée par des inclusions soudanophiles qui, selon Bargues, seraient de l'oléorésine neutre. De plus, Bargues constate l'apparition de l'amidon au printemps dans les cellules des divers tissus, sauf l'épiderme, l'hypoderme et la gaîne subérifiée des faisceaux libéro-ligneux, ainsi que sa disparition complète à l'automne.

Nous avons étudié pendant plusieurs années aux points de vue chimique et histochimique les aiguilles de Pin maritime. Si nous avons pu confirmer l'existence de variations journalières importantes de la teneur en amidon de mai à juillet, il n'en est pas de même pour les inclusions soudanophiles. On peut préciser par l'observation cytologique que l'amidon apparaît dans les feuilles dès leur formation, d'abord dans le tissu de transfusion puis le péridesme, l'endoderme, les cellules stomatiques et enfin, le tissu chlorophyllien. La taille des grains s'accroît jusqu'à la fin du mois de juin et diminue de septembre à décembre, mais l'amidon ne disparaît jamais complètement chez tous les arbres pendant l'hiver; il persiste souvent dans l'endoderme et le tissu de transfusion à l'état de petites granulations. L'amidon s'accroît de nouveau dès la fin du mois de février de l'année suivante et se comporte de la même manière que la première année.

Les inclusions soudanophiles sont de nature diverse. Dans l'épiderme, la lumière des cellules contient une substance qui migre vers la périphérie par les fins canalicules de la membrane squelettique; cette substance traverse la cuticule à la surface de laquelle elle vient se répandre. Ainsi, lorsqu'on coupe transversalement la feuille, de nombreuses gouttelettes apparaissent au niveau même des membranes. Il s'agit très probablement de l' « essence » de Pin (qui diffère de l'essence de térébenthine notamment par la présence d'acétate de bornyle). Les cellules du parenchyme chlorophyllien contiennent des inclusions de taille différente, les unes sont extrêmement petites, elles donnent au cytoplasme, avec le Soudan III, une teinte assez homogène; les autres sont volumineuses; des granulations, de taille intermédiaire, existent entre ces extrêmes (*fig.* 1). L'endoderme et certaines cellules du tissu de transfusion, du péridesme et des rayons médullaires contiennent aussi des inclusions analogues. Le contenu des canaux sécréteurs est également soudanophile. Toutefois, ce dernier se colore en vert par l'acétate de cuivre. Il contient donc des acides résiniques libres (qui donnent avec les sels de cuivre un résinate vert). En outre, l'alcool à 90°, à 70° et la solution aqueuse de chloral à 71 % dissolvent les granulations les plus fines. Ces dernières peuvent donc être soit des acides gras, soit des terpènes. Les grosses inclusions sont sans doute des esters d'acides gras, car l'analyse chimique montre qu'il n'existe que des traces indosables d'acides résiniques combinés.

Ces inclusions, contrairement à l'interprétation de Bargues, ne peuvent

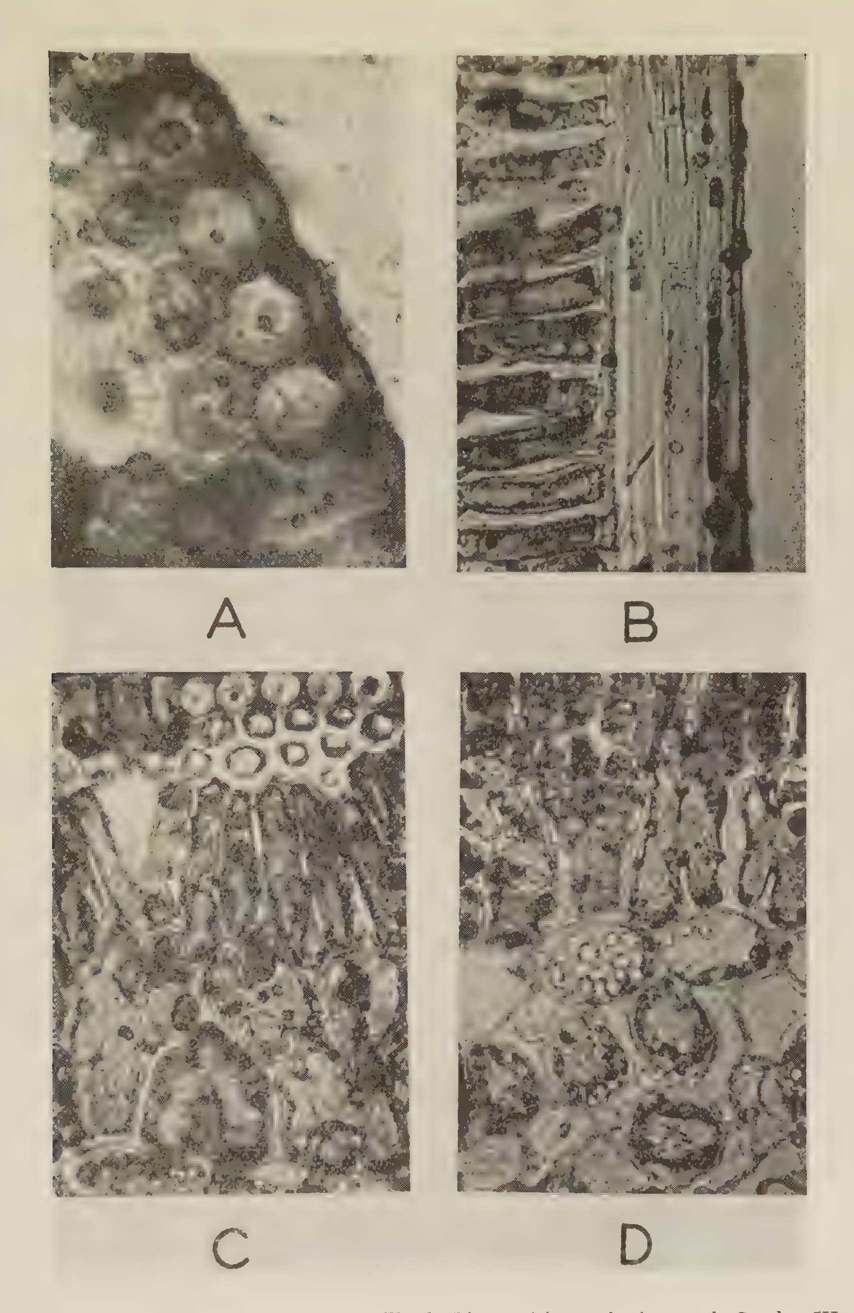


Fig. 1. — Coupes effectuées dans la feuille de Pin maritime colorées par le Soudan III.

A. Épiderme à membranes et cuticule très épaisses. On observe la présence de taches plus sombres (essence de pin) dans la région de la cuticule située à la limite de deux cellules voisines; on voit dans certaines cellules de fins canalicules reliant la lumière des cellules à cette région de la cuticule.

B. Coupe longitudinale montrant la localisation de l'essence dans la lumière des cellules épidermiques et à la surface de la cuticule.

C. Coupe transversale du parenchyme chlorophyllien : les cellules les plus externes contiennent d'énormes inclusions soudanophiles.

D. Coupe transversale montrant le parenchyme chlorophyllien interne, l'endoderme, le tissu de transfusion. On observe dans ces diverses cellules des inclusions soudanophiles de tailles très variables.

donc être considérées comme de l'oléorésine neutre. De plus, si ces granulations les plus volumineuses sont bien localisées essentiellement dans le parenchyme chlorophyllien externe, nous n'avons jamais observé par des techniques histochimiques ou chimiques de variations journalières sensibles relatives à leur répartition ou à la teneur des feuilles en composés résiniques ou gras. Cependant, nous avons constaté que la taille des grosses inclusions s'accroît avec l'âge de la feuille.

Enfin, l'analyse chimique montre qu'il existe un parallélisme étroit entre les variations annuelles de l'*amidon* et des *acides résiniques libres* (maximum : avril-mai; minimum : hiver).

(*) Séance du 17 juillet 1957.

(1) A. Bargues, *Recherches sur les feuilles du Pin maritime* (*Thèse Doctorat ès sciences*, Bordeaux, 1929.)

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Structure inframicroscopique des chloroplastes de certains mutants dépigmentés chez* Lycopersicum esculentum. Note (*) de Mlle **Marcelle Lefort**, présentée par M. Roger Heim.

L'étude au microscope électronique des chloroplastes de mutants sans chlorophylle du type *Albina* permettrait de démontrer que la présence de chlorophylle est liée à la formation des lamelles caractéristiques du chloroplaste normal.

Par irradiation des graines de Tomate avec des rayons X et des neutrons, nous avons obtenu un grand nombre de mutants chlorophylliens différents, parmi lesquels nous avons choisi des types correspondant sensiblement à la classification de A. Gustafsson (1) : *Viridis*, *Xantha* et *Albina*. Toutes les mutations chlorophylliennes étudiées ici sont des mutations récessives et monofactorielles.

Les types *Viridis* et *Xantha* ont été analysés dans une Note précédente (4). Les valeurs des teneurs en pigments des feuilles cotylédonaires du mutant *Albina* sont les suivantes :

mg chlorophylle A par g poids frais		0,002465
mg chlorophylle B par g poids frais		0,00398
mg caroténoïdes par g poids frais		0,01379
par rapport au témoin = 100	% A	0,3
	% B	2
	% C	3,1

Les caractères des mutants du type *Albina* se manifestent dès la germination : les cotylédons blancs ou d'un jaune très pâle, sont plus étroits que chez le témoin; ils se fanent rapidement et la plantule meurt sans avoir pu former les premières feuilles de la gemmule. Par culture arti-

PLANCHE I.

Fig. 1. — A faible grossissement vue générale des chloroplastes dans les cotylédons d'un mutant *Albina* (× 5 250).

Fig. 2. — Chloroplaste hypertrophié du même mutant avec un corps prolamellaire formé de vésicules (*v*) et de gouttelettes osmiophiles (*g*); Membrane du chloroplate (*m*); Mitochondries (Mi); Memebran cellulaire (Mc). (× 30 000).

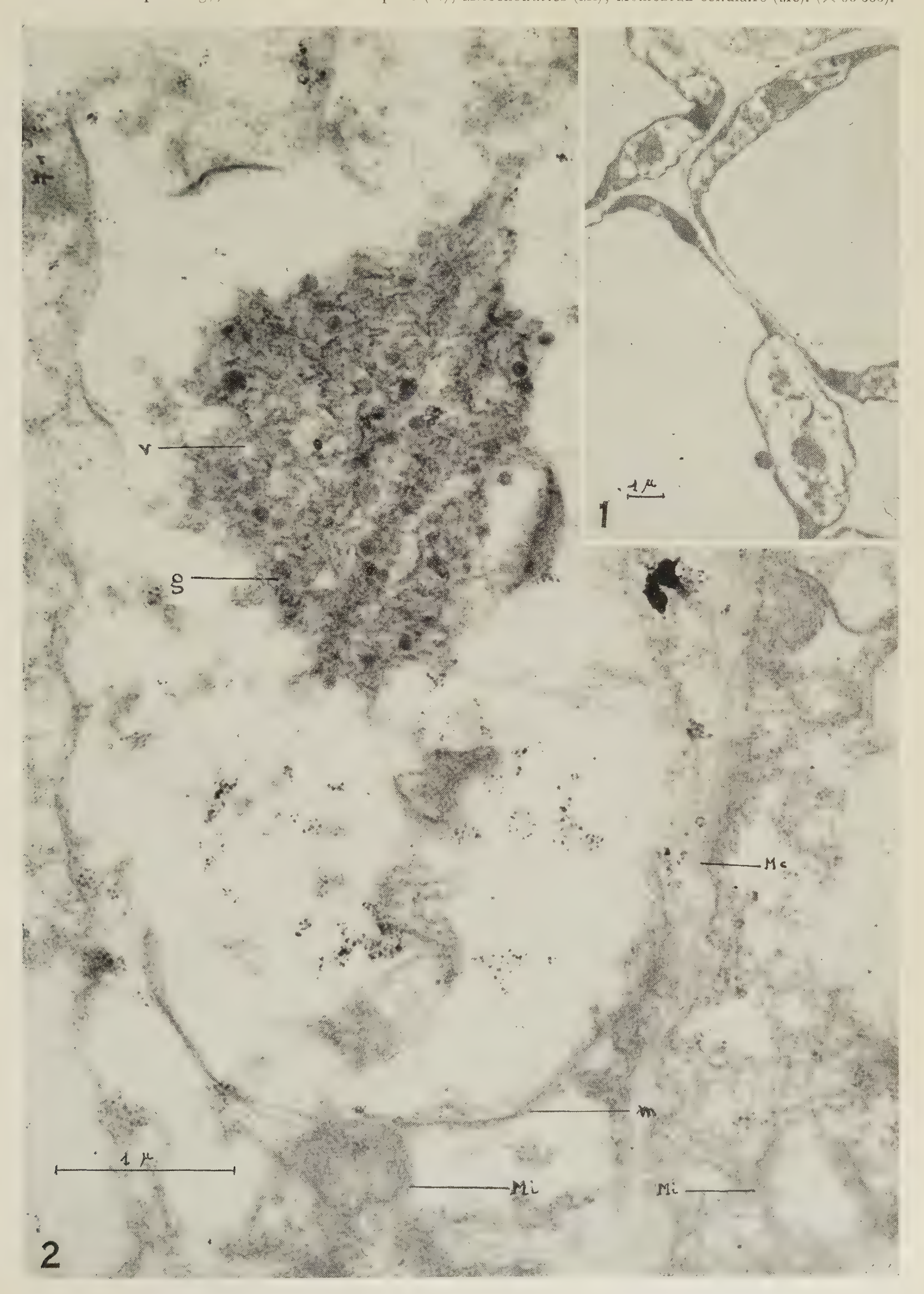
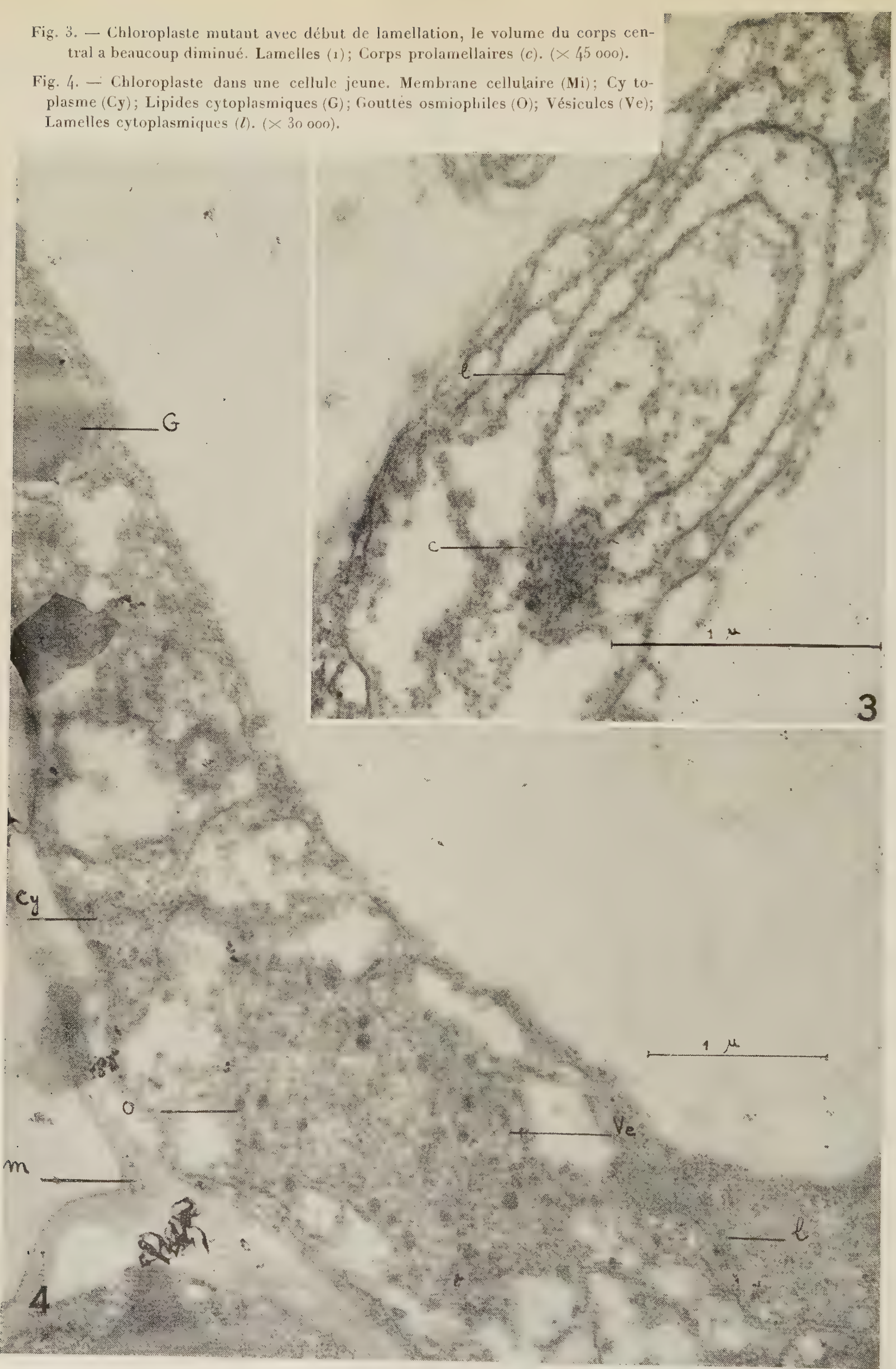


Fig. 3. — Chloroplaste mutant avec début de lamellation, le volume du corps central a beaucoup diminué. Lamelles (l); Corps prolamellaires (*c*). (× 45 000).

Fig. 4. — Chloroplaste dans une cellule jeune. Membrane cellulaire (Mi); Cytoplasme (Cy); Lipides cytoplasmiques (G); Gouttes osmiophiles (O); Vésicules (Ve); Lamelles cytoplasmiques (*l*). (× 30 000).



ficielle sur milieu de Knop glucosé, ces feuilles adultes peuvent se développer mais ont la même teinte et la même composition pigmentaire que les cotylédons.

Les coupes ultra-fines pratiquées dans ces derniers révèlent des gros plastes (*fig.* 1) sans structure orientée, possédant en leur centre un amas de vésicules très denses (*fig.* 2), formant un réseau qui emprisonne entre ses mailles des granulations très osmiophiles que nous avions déjà notées chez les chloroplastes normaux et chez ceux du type *Xantha*.

Le plaste semble ici très hypertrophié, lobé, ayant rarement la forme allongée et incurvée qui lui est normale. On observe parfois, partant de cet amas vésiculaire, des lamelles en formation à la surface desquelles on peut voir une série de fins granules assez semblables à ceux qu'on distingue en grand nombre dans le cytoplasme (*fig.* 3). De l'examen de nombreuses préparations faites sur des mutants différents mais dont les caractéristiques pigmentaires sont très voisines, il apparaît que ce corps central dense et non structuré ne saurait être le résultat d'une fixation défectueuse. Nous avons retrouvé les mêmes images avec des techniques qui permettent de conserver particulièrement bien l'aspect lamellaire du chloroplaste normal et la structure des mitochondries. Par ailleurs, ce réseau de vésicules ressemble très étroitement aux images données par Hodge [3] pour les chloroplastes étiolés de *Zea mays*. Du point de vue biochimique, on peut comparer une feuille étiolée ayant perdu la plus grande partie de ses pigments chlorophylliens à une feuille d'un mutant dépourvu lui aussi de chlorophylle. Il apparaîtrait donc que la présence de chlorophylle serait indispensable à la lamellation. Ce résultat semble confirmé par l'étude d'autres mutants *Xantha* et *Viridis* [4] où l'apparition de lamelles dans le chloroplaste est concomitante avec celle des pigments chlorophylliens. Ainsi donc, chez les mutants *Albina*, la structure lamellaire est abolie en même temps que la teneur en chlorophylle est presque nulle. On peut envisager deux explications.

Dans une première hypothèse, la mutation, de nature strictement biochimique aurait pour conséquence d'inhiber la formation des chlorophylles dont la présence au-dessus d'un certain seuil est nécessaire pour induire la formation de lamelles.

La deuxième hypothèse est inverse. La structure des plastes d'*Albina*, caractérisée par le corps « prolamellaire » est d'un type juvénile, réalisé dans les ébauches des chloroplastes normaux où divers observateurs l'ont signalée [2], [5], [6]. Nous ne l'avons pas observé nous-même en raison peut-être de sa très courte durée chez la Tomate. L'effet de la mutation serait alors d'interdire la transformation de ce corps prolamellaire en lamelles; par suite de l'absence de celles-ci la plante ne pourrait verdir. On peut alors concevoir deux éventualités : ou bien les chlorophylles ne

peuvent être synthétisées en l'absence d'un substrat lamellaire, ou bien elles peuvent l'être, mais ne sont pas fixées et sont détruites à mesure qu'elles se forment.

Cette deuxième hypothèse paraît plus vraisemblable en raison du fait, déjà précédemment indiqué (4), qu'une mutation monofactorielle du type de celles dont il s'agit ici ne peut pas représenter la cause immédiate de la variation des teneurs d'un ensemble de pigments, tandis qu'elle peut expliquer la réalisation d'un mode structural particulier.

(*) Séance du 29 juillet 1957.
(1) *Lund. Univ. Asskr.*, N. F., Avd 2, 36, 1940, p. 1.
(2) Heitz, *Exper. Cell. Resear.*, 7, 1954, p. 606.
(3) *J. Biophys. Biochem. Cyto.*, 2, n° 5, 1956; 2, n° 4, suppl. 221, 1956.
(4) M. Lefort, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 2957.
(5) Leyon, *Exper. Cell. Resear.*, 7, 1956, p. 608.
(6) Perner, *Z. Naturf.*, 2*b*, septembre-octobre 1956.

(*Laboratoire de Biologie végétale de la Sorbonne.*)

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Papavéracées. Le développement de l'embryon chez le* Dicranostigma Franchetianum (*Prain Fedde*). Note (*) de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

L'embryogenèse du *Dicranostigma Franchetianum* se rapproche beaucoup de celle du *Chelidonium majus*, mais elle est bien plus homogène. L'embryon se rattache, dans la seconde période de la classification embryogénique, au mégarchétype V. Certaines formes s'inscrivent dans le 13e groupe, d'autres feraient passage au 14e groupe.

D. Prain (1) considère les *Dicranostigma* comme un sous-genre des *Chelidonium*, mais F. Fedde (2) en fait un genre autonome, distinct des Chélidoines par la présence de feuilles au-dessous de l'inflorescence et par la non-ramification de la tige. Ce sont des Papavéracées qui font partie de la sous-famille des Papavéroïdées et de la tribu des Chélidoniées dont l'embryogenèse ne nous est connue que par une étude réalisée par R. Souèges (3) sur le *Chelidonium majus*. Dans cet exemple, l'embryon se rattache toujours au mégarchétype V, dans la seconde période de la classification embryogénique, mais les variations constatées dans son développement à la troisième génération, permettent de définir des formes diverses qui s'inscrivent dans la plupart des groupes que comprend le système. Afin de vérifier si le comportement des *Dicranostigma* est comparable à celui des *Chelidonium*, nous nous sommes adressé à une espèce, le *Dicranostigma Franchetianum*, qui nous a été fournie par le Jardin botanique de Coïmbre.

Dans une première étape, les éléments *ca* et *cb* du proembryon bicellulaire (*fig.* 1) se cloisonnent transversalement : la tétrade *première* est de la catégorie C_2 (*fig.* 5 et 6). Les cellules-filles *cc* et *cd* de la cellule apicale prennent à leur tour des parois horizontales et donnent naissance à quatre éléments superposés, *ce*, *cf*, *m* et *ci*, soit à une tétrade *seconde* appartenant encore à la catégorie C_2 (*fig.* 9 à 13). Les deux cellules issues de *cb* subissent également des divisions transversales et les proembryons, au stade de la tétrade seconde, sont souvent formés de huit étages unicellulaires (*fig.* 9 et 11). Cependant, il arrive que les segmentations au niveau de *cb*, s'accélèrent (*fig.* 10, 12 et 13) ou, plus rarement, subissent un ralentissement (*fig.* 14). En tout cas, les éléments issus de la cellule *cb* n'interviennent pas dans la construction de l'embryon; les lois de l'embryogenèse s'appliquent non pas à la cellule-œuf, mais à sa cellule-fille supérieure.



Fig. 1 à 38. — *Dicranostigma Franchetianum* (Prain) Fedde. — Les principaux termes du développement de l'embryon : *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou partie inférieure du suspenseur; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca*; *m* et *ci*, cellules-filles de *cd*; *ce* et *cf*, cellules-filles de *cc*; *e*, épiphyse; *phy*, partie hypocotylée; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *pl*, plérome; *pe*, périblème. G = 330; 250 en 37 et 38.

Dans une seconde étape, *ce* se cloisonne obliquement (*fig.* 14, 15 et 17) *cf*, prend une paroi verticale (*fig.* 14, 17 et 18) ou, plus rarement, oblique (*fig.* 15 et 16), *m* se divise longitudinalement (*fig.* 24, 26 et 27), transversalement (*fig.* 16 et 21) ou même obliquement (*fig.* 22 et 25); une cloison généralement transversale s'établit en *ci*. Il s'agit de variations qui, intervenant dès la troisième génération, jouent encore un rôle important dans la classification, car elles déterminent l'appartenance des formes à des groupes différents. Les

embryons qui présentent une paroi verticale en *cf* se rattachent à la sous-série $\mathbf{b}'_1$; ceux qui ont une paroi oblique sont intermédiaires entre la sous-série précédente et la sous-série $\mathbf{b}'_2$, caractérisée par la présence d'une paroi transversale en *cf*.

Dans une troisième étape, on assiste à l'édification des parties fondamentales du proembryon. Au niveau de *ce*, une cloison isole, vers le haut, dans l'élément le plus volumineux, une cellule épiphysaire et, vers le bas, une cellule qui concourt avec les autres éléments de l'étage *ce*, à l'édification de la partie cotylée *sensu stricto* (*fig.* 16, 18, 19 et suiv.). La présence de l'épiphyse se traduit nettement, aux stades suivants, par la formation d'une saillie apiculée au sommet du proembryon (*fig.* 27 à 38). L'étage *cf* engendre la partie hypocotylée et les initiales de l'écorce de la racine. La cellule *m* ou sa cellule-fille supérieure donne naissance au primordium de la coiffe. Les descendantes de la cellule *ci* contribuent, avec les éléments issus de *cb*, à la formation d'un suspenseur filamenteux.

L'embryon du *Dicranostigma Franchetianum* présente, dans son développement, les plus grandes simitudes avec certaines formes du *Chelidonium majus*, qu'il rappelle également par la présence d'une épiphyse bien développée, saillante au sommet du proembryon. Toutes les formes observées se rattachent à la sous-série **b**′; la plupart d'entre elles en raison du cloisonnement vertical de *cf* trouvent place dans le 13e groupe embryogénique, mais les embryons, qui présentent au niveau de *cf*, une première cloison oblique, font passage au 14e groupe, défini par la division horizontale de cette même cellule. En définitive, l'embryogenèse du *Dicranostigma* est bien plus régulière que celle de la Chelidoine où des variations apparaissent déjà dans la nature de la tétrade *seconde*.

Ces résultats tendent à confirmer l'homogénéité de la tribu des Chélidoniées. D'autre part, un développement identique à celui des Chélidoniées se rencontre chez d'autres Papavéroïdées, les Eschscholziées ([4]), avec des variations qui entraînent la répartition des formes embryonnaires dans des groupes aussi variés que dans le cas de la Chélidoine. Par contre, les embryons, d'une autre tribu de cette sous-famille, les Papavérées, se comportent de façon très spéciale, les uns appartenant à la première période [([5]) et ([6])] et les autres à la troisième période de la classification embryogénique. Cependant, toutes les Papavéroïdées possèdent en commun la particularité de se rattacher, quelle que soit la période, au même mégarchétype V, caractérisé par le fait que les cellules *m* et *ci* des diverses tétrades sont à l'origine, uniquement, de la coiffe et du suspenseur.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

([1]) *Bull. Herb. Boiss.*, 3, 1895, p. 576.

([2]) A. ENGLER et K. PRANTL, *Die natürlichen Pflanzenfamilien*, 17 *b*, 1936, p. 5.

([3]) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 678; *Ann. Sc. nat. Bot.*, 10e série, **19**, 1937, p. 445-466.

([4]) R. SOUÈGES, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 485.

([5]) R. SOUÈGES, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 902 et 1119; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **75**, 1928, p. 452.

([6]) R. SOUÈGES, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 979.

(*Laboratoire de Botanique générale, Faculté de Pharmacie, Paris.*)

PHYTOPHYSIOLOGIE. — *Action de films hydrofuges d'organosiliciques sur le cycle végétatif et sur la résistance des végétaux à la sécheresse. Application en agronomie.* Note (*) de MM. **Pierre-Marcel Durquéty** et **Pierre Magimel**, présentée par M. René Souèges.

Des films hydrofuges ont été déposés sur une série de surfaces végétales. Un ralentissement de la transpiration a été vérifié par une méthode utilisant l'iode 131 et par une méthode hygrophotographique. Les résultats agronomiques découlant de cette action physique locale sont : un retard du cycle végétatif, une augmentation de la résistance à la sécheresse.

Principe. — Le dépôt du film d'organosilicique est obtenu à partir : 1° d'émulsions de diméthylsilicones (viscosité 200 à 1000 centistokes) en présence d'un dope lipophile (polyéthoxester d'acide oléique) et d'un agent mouillant dans la phase aqueuse (polyéthylène-glycol tert-dodécyl thio-éther); 2° de solutions aqueuses de méthylsiliconate de potassium, complexé avec un sel organique de cuivre, en présence d'un excès d'acide (le pH passe de 12 à 6-7, la solution restant limpide).

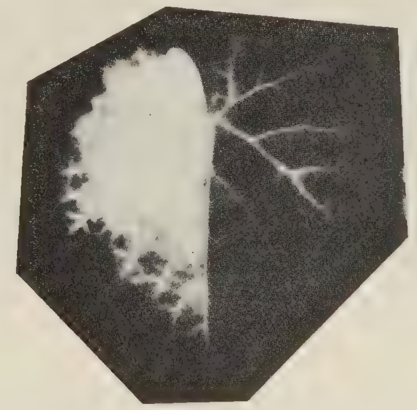


Fig. 1. — Autoradiogramme d'une feuille de *Vitis vinifera* L. Une moitié de la feuille (face inférieure) a été badigeonnée avec le complexe organosilicique. L'iode n'a pas migré des nervures vers le parenchyme correspondant.

Méthode d'étude de l'action des films. — L'action des films d'organosiliciques est étudiée par deux méthodes : 1° Étude du transfert de l'iode 131. Cette étude est pratiquée par autoradiographie de la feuille. Le badigeon ou la pulvérisation d'une portion localisée du limbe avec une des deux préparations indiquées ci-dessus, limite fortement le transfert d'iode 131 vers la zone correspondante du parenchyme (1); 2° Méthode hygrophotographique (2). L'humidité locale transpirée est révélée par le jaunissement photochimique d'une plaque au gélatino-iodure d'argent et de mercure.

Le badigeonnage ou la pulvérisation d'une portion localisée du limbe avec les préparations d'organosiliciques envisagées diminue fortement la transpiration de la zone intéressée.

Effets obtenus. — 1° Dépôt sur bourgeon. Ce traitement effectué sur bourgeon dormant ou sur bourgeon en voie de débourrement, déclenche un retard des différentes phases du cycle végétatif. Ce décalage peut porter isolément ou simultanément sur le débourrement, la floraison et la maturation suivant le processus expérimental qu'on envisage. Selon



Fig. 2. — Plante témoin de *Vitis vinifera* L. (var. Cruchen blanc) greffée sur une plante hybride de *V. riparia* Michx et de *V. rupestris* Sch. le 3309 C.

les concentrations en produit actif, le retard de débourrement peut être ajusté de trois jours à un mois; 2° Dépôt sur feuilles et inflorescences. Ce dépôt, véritable cuticule artificielle, augmente fortement la résistance de l'organe végétal à l'action de la sécheresse.

Transit des gaz à travers la couche déposée. — La couche déposée est perméable à l'oxygène, à l'azote et au gaz carbonique. La feuille n'est donc pas en anaérobiose.

Aucune phytotoxicité du film d'organosilicique adsorbé n'a été observée. Le rendement agronomique n'est pas modifié par le dépôt de la préparation à base d'organosiliciques sur le bourgeon.

Conclusion. — L'intérêt botanique des applications de diméthylpolysiloxanes et de méthylsiliconates (ou dérivés) paraît important, tant du

point de vue agronomique — en raison de leur efficacité remarquable à forte dilution — que du point de vue scientifique pur, en tant que moyen d'étude des interactions entre la dynamique de l'eau et le métabolisme général du végétal.



Fig. 3. — Plante traitée avec un complexe organosilicique sur bourgeon en voie de débourrement (même variété greffée sur même porte-greffe) (photographies 2 et 3 prises à la même date).

(*) Séance du 29 juillet 1957.

(1) P. MAGIMEL, P. M. DURQUÉTY et P. LEGRUX, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1823.

(2) J. SIVADJIAN, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 2478; 242, 1956, p. 161.

(*Station de Recherches viticoles, I. N. R. A., Pont-de-la-Maye, Gironde et Laboratoire d'Hygiène de la Faculté de Médecine de Bordeaux.*)

PHYTOCHIMIE. — *Recherches sur les alcaloïdes de* Burasaia madagascariensis *D. C. Obtention du nitrate naturel de burasaïne*. Note de M. **ALBERT RESPLANDY**, présentée par M. Roger Heim.

En faisant suivre d'une chromatographie sur alumine l'extraction par des solvants neutres du bois de cette Ménispermacée, on a isolé le nitrate d'un alcaloïde nouveau préexistant dans la plante.

Le *Burasaia madagascariensis*, utilisé dans la pharmacopée locale, avait suscité l'espoir qu'il pourrait contenir des alcaloïdes actifs contre le paludisme. Les essais pharmacodynamiques d'extraits de racines ([1]) et de bois ([2]) n'ayant pas été poursuivis, il n'existe pas, à notre connaissance, d'étude chimique détaillée de ces alcaloïdes.

Le présent travail porte sur du matériel ([3]) écorcé, prélevé dans un lot de branches ayant de 6 à 12 cm de diamètre.

Les essais d'extraction directe par percolation acide ou basique ayant été infructueux, nous avons adopté le procédé suivant : le bois, réduit en poudre grossière, est extrait à chaud par l'alcool à 95° C; le résidu sec de l'extraction est épuisé par le chloroforme bouillant et ce dernier solvant éliminé; la solution acétonique de la phase résiduelle est chromatographiée sur alumine neutre; l'élution par l'acétone puis par l'acétone éthanolique conduit à la séparation de trois fractions alcaloïdiques cristallines.

La fraction la plus importante (0,4 ‰ du bois sec), seule examinée ici ([4]), se présente sous forme d'aiguilles jaune orangé se décomposant vers 240°, perdant leur éclat à l'air en prenant une teinte franchement jaune.

Ces cristaux, insolubles dans l'éther et le benzène, se dissolvent facilement dans l'eau, l'alcool, le chloroforme et l'acétone en donnant des solutions fortement colorées, optiquement inactives. La substance, après dessiccation (4,7 % d'eau), répond à la formule $C_{21}H_{24}O_7N_2$ (trouvé %, C 60,54; H 5,69; N 6,68; calculé %, C 60,57; H 5,76; N 6,73).

Elle donne un picrate qui se présente sous forme de fines aiguilles jaunes : F 228°, $C_{27}H_{26}O_{11}N_4$ (trouvé %, C 55,72; H 4,43; N 9,45; calculé %, C 55,67; H 4,46; N 9,60) correspondant à la base $C_{21}H_{23}O_4N$.

L'acide chloroplatinique précipite une poudre jaune dont l'analyse (Pt 18,2 %) confirme qu'il n'y a qu'un seul atome d'azote dans la molécule de la base.

La substance que nous avons isolée répond donc à la formule $C_{21}H_{23}O_4N$, NO_3H qui fait apparaître que l'alcaloïde est salifié par l'acide nitrique. L'acide a été identifié à l'état de nitrate de cinchonamine ([5]) et dosé par le nitron (NO_3H, trouvé %, 14,8; calculé % 15,1).

Les données de la chromatographie sur papier du nitrate ([6]) n'ont pas permis d'orienter nos recherches vers une structure particulière ([7]). Par contre, la chromatographie sur papier des produits de dégradation par NO_3H dilué ainsi que celle du produit de la distillation sur potasse (formation d'un dérivé isoquinoléique) impliquent un rapprochement avec les alcaloïdes protoberbériques et notamment les bases quaternaires colorées de ce groupe : berbérine, palmatine, jatrorrhizine, columbamine.

Notre alcaloïde présente avec les bases quaternaires protoberbériques les caractères communs suivants : inactivité optique, présence de quatre fonctions oxygénées (quatre groupes méthoxyles OCH_3 %, trouvé %, 30,1; calculé %,

29,8), présence d'un chromophore qui, compte tenu du noyau isoquinoléique de la molécule, de l'impossibilité d'obtention d'un iodométhylate, de la condensation de notre substance ([8]) implique une double liaison sur l'azote.

De plus, cette hypothèse explique également le comportement de la base libre qui n'est extractible de ses solutions aqueuses alcalines que par une longue perforation par le chloroforme.

Enfin, l'hydrogénation électrolytique conduit à une base incolore, F 151°; $C_{21}H_{25}O_4N$ (trouvé %, C 71,02; H 7,08; N 4,22; calculé %, C 70,98; H 7,04; N 3,95). Cette fixation d'hydrogène concourt à prouver que la substance que nous avons isolée est le nitrate naturel d'un alcaloïde qui ne différerait de la palmatine que par la saturation d'une double liaison. Nous proposons de désigner sous le nom de *burasaïne* ce nouvel alcaloïde.

([1]) S. Davidson, *E. African Med. J.*, 22, 1945, p. 80-85.

([2]) Spencer et al., *Lloydia*, 10, n° 3, 1947, p. 145.

([3]) Procuré par le Professeur J. Millot, Directeur de l'Institut de Recherches Scientifiques de Madagascar.

([4]) L'étude des autres fractions alcaloïdiques est poursuivie.

([5]) Arnaud, *Comptes rendus*, 99, 1884, p. 190.

([6]) A. Resplandy, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2527.

([7]) A. Resplandy, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 496.

([8]) M. Frèrejacque, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1939, p. 1008.

(*Laboratoire de Chimie appliquée aux corps organisés, du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.*)

MORPHOGENÈSE. — *Origine de l'organisation radiaire dans la régénération des Actinies.* Note (*) de M. **Marcel Abeloos**, transmise par M. Maurice Caullery.

Un fragment d'Actinie (*Actinia equina* L.) découpé par une section verticale, analogue à un « fragment de lacération », est capable de régénération lorsque certaines des cloisons qu'il renferme sont pourvues d'une partie de leur bord libre muni d'un filament mésentérique.

Après la fermeture du fragment, due à l'activité de la paroi pédieuse au voisinage de la section, le premier indice extérieur de régénération est la récupération de la turgescence et l'ouverture d'une nouvelle bouche sous la forme d'un petit orifice circulaire. Le pharynx régénéré, qui dérive de l'épithélium des filaments mésentériques (*tissu entéro-pharyngien*) des cloisons anciennes ([1]), paraît se former d'abord en profondeur, puis s'accroît pour se mettre en relation avec l'extérieur par une bouche.

En général, le pharynx est unique et rattaché à plusieurs couples principaux de cloisons anciennes. Mais, comme l'a déjà constaté O. Carlgren ([2])

chez *Sagartia viduata*, les anomalies sont fréquentes. Un fragment de lacération peut acquérir deux pharynx et deux bouches, ou bien deux pharynx fusionnés dans leur partie supérieure et une seule bouche. Un pharynx régénéré peut dépendre d'*une seule cloison ancienne* et il arrive que les deux cloisons d'un même couple engendrent chacune un pharynx. La genèse d'un pharynx dans un fragment clos et non turgescent résulte de la faculté que possède, dans ces conditions, le « tissu entéro-pharyngien » de se souder à lui-même et de se mettre en rapport avec l'ectoderme. Le caractère généralement unique de la bouche résulte de la disparition de cette faculté dès que le fragment a récupéré une turgescence interne.

D'autre part, dans le secteur cicatriciel d'un fragment de lacération en régénération apparaissent de nouvelles cloisons grêles et rapprochées, qui se mettront en rapport avec le nouveau pharynx. Ces cloisons ne sont pas, comme l'a admis Carlgren, des néoformations engendrées selon un plan plus ou moins inspiré du plan ontogénétique. Les reconstitutions complètes d'après des coupes histologiques sériées montrent que, chez *A. equina*, chaque cloison régénérée constitue en réalité le prolongement d'une cloison principale ancienne, avec laquelle elle reste temporairement en relation au pôle aboral. Chaque cloison nouvelle est symétrique de la cloison mère par rapport au plan de la section. Par un processus de *symétrisation* dans un méridien, un fragment de cloison représentant une portion de rayon de l'individu ancien engendre deux cloisons opposées représentant un diamètre complet de l'individu régénéré.

Dans l'organisation de l'actinie en direction méridienne, l'*unité morphogénétique autorégulatrice* est donc constituée, non par la loge (antimère), mais par l'ensemble d'une loge et de la loge opposée (*double antimère*). Cette unité autorégulatrice possède une double symétrie bilatérale du type Cténophore. Dans l'individu normal, un plan de symétrie bilatérale, le plan directeur, est commun à toutes les unités dont la réunion constitue le polype. L'accroissement de l'actinie résulte de l'intercalation régulière de nouvelles unités semblables selon un processus qui relève de la *multiplication* des systèmes morphogénétiques.

Dans l'individu provenant de la régénération d'un fragment de lacération, le plan de symétrie commun aux doubles antimères est dirigé comme le plan de section qui a détaché le fragment. Mais, chez *A. equina*, il n'y a pas régénération de nouvelles cloisons directrices ni de nouveaux siphonoglyphes en l'absence de cloisons directrices anciennes. Les cloisons directrices anciennes éventuellement présentes conservent leur orientation musculaire caractéristique, la transmettent aux cloisons nouvelles qu'elles peuvent engendrer par symétrisation et provoquent la différenciation de siphonoglyphes dans les méridiens correspondants du pharynx régénéré. Mais un tube pharyngien régénéré en l'absence de cloisons directrices

anciennes ne récupère pas de lui-même sa symétrie bilatérale et ses deux siphonoglyphes.

En résumé : 1° la régénération d'un pharynx résulte d'une réaction mécanique du tissu entéro-pharyngien dans un fragment clos non turgescent ; 2° les premières cloisons régénérées dans un fragment de lacération dérivent de cloisons anciennes par un processus autorégulateur de « symétrisation » dans un méridien; 3° le rétablissement d'une organisation radiaire dans un fragment de lacération est lié au caractère unique de la bouche régénérée et au rattachement secondaire des autres cloisons au pharynx régénéré.

Le schème d'organisation hexamère caractéristique de l'actinie résulte des conditions réalisées aux stades précoces de l'ontogénie; mais il n'existe pas de mécanisme autorégulateur de corrélations tendant à le rétablir aux stades ultérieurs. Du point de vue de la causalité morphogénétique, l'actinie ne possède pas de symétrie axiale; elle est constituée par la juxtaposition de systèmes d'intégration (doubles antimères) à symétrie bilatérale.

(*) Séance du 17 juillet 1957.

(1) M. Abeloos, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 2998.

(2) *Kungl. Svenska Vetensk. Akad. Handl.*, **37**, 1905; **43**, 1908.

PHYSIOLOGIE. — *Nouvelles études sur le rôle vicariant de l'acide ascorbique en carence* B_2. Note (*) de Mlle **Thérèse Terroine** (1), présentée par M. Maurice Lemoigne.

1. L'influence préventivement favorable de l'acide ascorbique sur l'évolution pondérale de rats carencés en B_2 n'est ni immédiate ni totale. 2. L'acide ascorbique est incapable de stimuler la croissance *L. casei* dans un milieu pauvre en B_2. 3. Le rôle protecteur de l'acide ascorbique contre la carence en B_2 chez le Rat est indépendant de la réalisation ou de l'absence d'une économie de la vitamine B_2.

Poursuivant l'étude du rôle protecteur de l'acide ascorbique contre la carence B_2, nous avons mis en évidence trois résultats nouveaux.

1. *Caractères de l'influence favorable de l'acide ascorbique sur la croissance des rats carencés en* B_2. — Quatre lots de rats mâles albinos Wistar pesant initialement 60 g sont soumis respectivement durant deux mois à l'un des régimes suivants dont la composition a été antérieurement donnée (2) : régime de carence ordinaire en riboflavine; régime précédent additionné de 2 % d'acide ascorbique; régime témoin *complet* donné en *quantité restreinte* égale à celle consommée par le lot carencé en B_2 non supplémenté d'acide ascorbique; régime témoin complet donné *ad libitum.*

De l'examen de la figure 1 — où les courbes d'évolution pondérale sont des moyennes de trois études portant pour chaque lot sur une somme de 40 animaux — il apparaît que :

1° L'action stimulante de l'acide ascorbique sur la croissance de rats carencés en B_2 — action déjà signalée par Daft et coll. [3] — n'est pas immédiate; elle n'apparaît nettement qu'à partir de la troisième semaine de traitement en assurant alors une supériorité pondérale moyenne de 20 puis de 30 % sur le lot carencé B_2 non supplémenté.

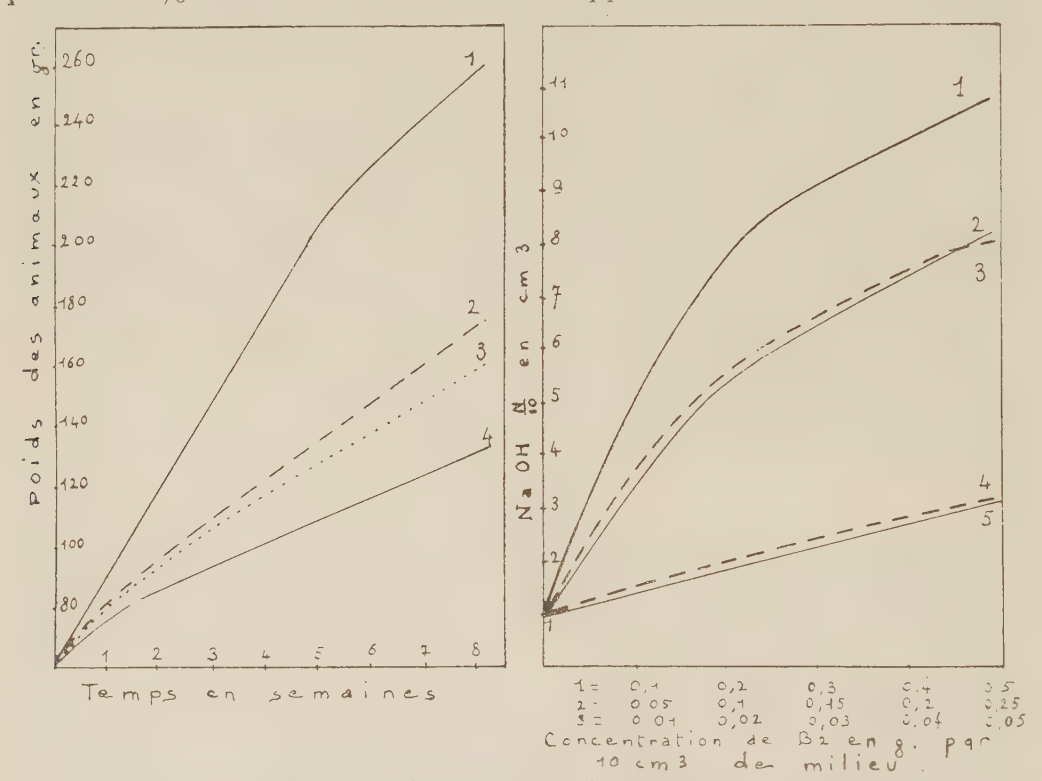


Fig. 1. — Croissance comparée de rats recevant :
1, un régime normal *ad libitum*; 2, un régime carencé en B_2 et supplémenté avec 2 % d'acide ascorbique; 3, un régime *normal limité*; 4, un régime carencé en B_2.

Fig. 2. — Croissance comparée de *L. casei* recevant :
1, les concentrations optima de B_2; 2 et 5, la moitié et le 1/10e des concentrations optima; 3 et 4, les concentrations sous-optima précédentes additionnées de 2 mg d'acide ascorbique.

2° La croissance des animaux carencés en B_2 et recevant de l'acide ascorbique est inférieure de 25 à 40 % par rapport à celle des animaux témoins nourris *ad libitum*. Mais les quantités ingérées sont également plus faibles dans le premier lot que dans le second.

3° C'est pourquoi, pour mieux saisir l'étendue des différences entre l'évolution pondérale des différents lots, il convient de considérer le coefficient d'utilisation de la ration c'est-à-dire le rapport du gain de poids aux quantités ingérées.

Dans ces conditions, on observe que :

a. le coefficient d'utilisation de la ration est rigoureusement identique, soit d'une valeur de 0,23, pour les sujets témoins qu'ils soient soumis à une alimentation *ad libitum* ou *restreinte*.

b. l'administration d'acide ascorbique au régime de carence B_2 améliore de 30 % le coefficient d'utilisation de la ration par rapport à celui des animaux carencés non supplémentés. La valeur du coefficient est en effet de 0,18 dans le premier cas et de 0,14 dans le second.

2. *Inaptitude de l'acide ascorbique à stimuler la croissance de L. casei subcarencé en* B_2. — Comme le montre la figure 2 le développement très limité de *L. casei* dans un milieu de culture renfermant la moitié ou le 1/10e des concentrations optima de B_2 n'est nullement stimulé par l'addition d'acide ascorbique à raison de 2 mg/10 ml de milieu. Des doses d'acide ascorbique de 5 mg ou de 500 µg sont tout aussi inefficaces à activer la croissance du bacille mesurée par dosage acidimétrique selon la méthode classique de Snell et Strong. Ces résultats négatifs soulignent une importante différence entre la protection exercée par l'acide ascorbique contre les carences B_2 et B_1. L'acide ascorbique réussit, en effet, à protéger considérablement contre la carence B_1 non seulement le Rat [Daft et coll. ([3])] mais aussi le *L. fermenti* [Fang et coll ([4])], ainsi que nous l'avons vérifié.

3. *Le problème de l'épargne de la riboflavine par l'acide ascorbique.* — De l'ensemble de nos résultats — dont l'essentiel apparaît dans le tableau ci-dessous où sont consignées les valeurs comparées des concentrations hépatiques en B_2 de lots de rats carencés en riboflavine recevant ou non de l'acide ascorbique et d'un lot témoin — il ressort essentiellement que :

Nature des régimes.	Nombre d'animaux utilisés.	Poids des animaux.	Concentration hépatique en B_2 (µg/g frais).
Régime *normal* donné en quantité *restreinte*	30	157 (118-216)	19,54 (15,6 -23,60)
Régime carencé en B_2	30	125 (78-165)	(8,91 (6,6 -13,9)
Régime carencé en B_2 + 2 % d'acide ascorbique	25 ↗ 13	165 (123-215)	9,40 (6,9 -12,60)
	25 ↘ 12	178 (144-230)	12,1 (11,20-15,60)

1° Sur des bases statistiquement valables, l'acide ascorbique ne permet pas d'économie de la vitamine B_2 dans la moitié des cas, et réalise dans l'autre moitié une épargne de la vitamine s'élevant à 35 % en moyenne.

2° La protection exercée par l'acide ascorbique chez le Rat contre les symptômes apparents de la carence en riboflavine ou contre ses troubles

métaboliques, tels que ceux du catabolisme du tryptophane (²), apparaît indépendante de la réalisation ou de l'absence d'une économie partielle de la vitamine B_2. Le rôle favorable de l'acide ascorbique contre la carence en riboflavine chez le Rat ne peut donc s'expliquer par une épargne de cette vitamine.

(Laboratoire de Biochimie de la Nutrition du C. N. R. S., Bellevue.)

(*) Séance du 22 juillet 1957.
(¹) Avec la collaboration technique de Mlles G. Roux et L. F. Buisson.
(²) F. Charconnet-Harding et T. Terroine, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 866.
(³) F. S. Dalft et K. Schwarz, *Fed. Proc.*, 11, 1952, p. 200.
(⁴) S. C. Fang et J. S. Butts, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 82, 1953, p. 617.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Comparaison de la résistance de divers organes musculaires à l'action des pressions hydrostatiques élevées.* Note (*) de M. **Pierre Gavaudan**, Mlle **Hélène Poussel** et M. **Michel Guyot**, présentée par M. Clément Bressou.

Le cœur de l'embryon de poulet et l'amnios, l'utérus de lapine et le muscle dorsal de sangsue excités par leurs excitants spécifiques présentent une résistance considérable à l'action des pressions hydrostatiques élevées.

Dans une précédente Note (¹) nous avons étudié l'action des pressions hydrostatiques élevées sur l'intestin isolé d'homéotherme en relation avec les problèmes posés par la baronarcose et par les phénomènes cytonarcotiques en général. Dans le même esprit, nous avons poursuivi nos recherches par la comparaison de la résistance de la musculature de l'intestin isolé d'homéotherme avec celle de muscles très différents tels que le cœur et la paroi amniotique de l'embryon de poulet, l'utérus de lapine et le muscle dorsal de sangsue.

Il était intéressant de connaître la résistance du muscle cardiaque des homéothermes aux pressions hydrostatiques élevées; en effet, d'après F. H. Johnson, H. Eyring et M. J. Polissar (²), il semblerait que seul le cœur des poïkilothermes ait été étudié sous ce rapport, notamment celui de la tortue d'eau douce [D. J. Edwards et D. E. Brown (³)], de la grenouille et de la roussette [U. Ebbecke (⁴)] et du têtard de grenouille [J. Landau et D. A. Marsland (⁵)]. L'embryon de poulet s'est montré un matériel favorable à l'expérimentation, comme nous l'avions supposé *a priori* puisqu'il vit dans les conditions d'un animal aquatique sans appareil respiratoire aérien. Nous avons opéré selon la technique suivante sur des œufs de poule aux 9e, 11e et 12e jours de l'incubation : après vérification par mirage du bon état de l'embryon et remplissage de la chambre à air

par du liquide de Tyrode, l'œuf était immergé dans la bombe-laboratoire et soumis à des pressions de 300 à 900 atm pendant des temps de 2 à 10 mn à la température de 39°,5. Nous ignorons encore si une longue survie et un développement de l'embryon soumis à un tel traitement seraient possibles. Immédiatement après décompression, l'embryon était examiné par mirage ou après extraction hors de l'œuf en lui conservant toutes ses annexes dans le Tyrode chaud.

L'examen de l'embryon par mirage, ou après isolement, nous a permis d'observer dès les premiers instants suivant la décompression (de 1 à 5 mn) les mouvements de péristaltisme du sac amniotique, même après l'action de 900 atm pendant 7 mn. L'observation du cœur nécessitant une préparation un peu plus longue qui dure quelques minutes, il nous a été jusqu'à présent difficile d'apprécier exactement le temps de retour et même de savoir, dans certains cas, si le fonctionnement de l'organe avait été complètement suspendu. Mais, quels que soient la pression et le temps, nous avons toujours observé une activité rythmique durable déclenchée naturellement ou par l'excitation mécanique ou thermique du courant de liquide physiologique maintenant la préparation en bon état; ainsi, 20 mn après l'action de 900 atm pendant 10 mn, le rythme était de 100 battements par minute à 39°.

Nous avons aussi comprimé l'embryon isolé avec ses annexes ou le cœur lui-même isolé de l'embryon et les résultats ont été analogues (cœur isolé : 3 mn à 950 atm; battements : 2 mn 30 s après).

L'utérus de lapine ne présentant pas de mouvements spontanés, ces derniers étaient d'abord suscités par la posthypophyse (une ou deux unités pour 100 ml de Tyrode) administrée avant la compression. Les observations étaient effectuées d'abord à vue, 25 s après décompression, puis sur diagrammes. Une exposition de 2 mn à 900 atm n'a pas suspendu les mouvements alors qu'une exposition de 5 mn à la même pression les a inhibés; cependant dans ce dernier cas la réversibilité a été entière après 10 mn. Il s'agit là de résultats préliminaires mais l'utérus constitue un matériel capricieux et assez peu favorable dans nos conditions expérimentales.

Le muscle dorsal de sangsue ne manifeste aucun rythme spontané mais divers narcotiques indifférents (benzène, acétophénone, chloroforme, tétrachlorure de carbone) déclenchent des contractions rythmiques persistant de longues heures [G. Joachimoglu ([6]), H. Poussel ([7]), P. Gavaudan et J. Michon ([8])] en agissant ici comme *excitants indifférents* ([8]). Excité par le benzène, à l'activité thermodynamique d'ailleurs élevée de 0,30, le muscle dorsal de sangsue présente une rythmicité artificielle comparable à celle que possède naturellement l'intestin isolé de lapin avec la même constance et la même facilité d'observation; l'action du benzène n'est pas

lésante comme paraît l'être celle de substances narcotiques du même type provoquant une dépolarisation brutale et irréversible du nerf [L. J. Mullins et C. T. Gaffey ([9])], à une activité thermodynamique également élevée. Quelques minutes après immersion dans la solution benzénique à l'activité 0,30 la rythmicité se déclenche et peut s'élever et se maintenir à une valeur de 15 à 20 oscillations par minute (total des contractions longitudinales plus fortes et des transversales plus faibles).

Soumis à l'action de la pression dans le liquide de Ringer pur le muscle entre en contracture et y demeure après décompression; il se comporte de même, comprimé dans la solution benzénique à l'activité 0,30, la contracture cédant cependant aux mouvements rythmiques. Enfin l'action des faibles pressions (300 atm) dans le liquide de Ringer pur ne déclenche pas la rythmicité et n'est donc pas excitante, contrairement à ce qui a été observé chez certains objets.

Les organes embryonnaires et l'utérus ne se prêtent pas bien à des mesures du temps de retour en fonction du temps et de la valeur de la compression mais le muscle dorsal de sangsue, objet très maniable, se prête mieux à ces déterminations dont voici des exemples :

Pression (atm).	Temps de compression (mn).	Temps de retour (mn).
400	20	Pas d'inhibition
500	25	Inhibition très brève
700	1	Pas d'inhibition
800	3	2,5
900	3	3

Le retour a été dans tous les cas excellent du point de vue du rythme, mais la puissance musculaire a été parfois diminuée. Les fragments comprimés ont été suivis pendant très longtemps et 15 à 24 h après 3 m à 850 atm la rythmicité était encore très bonne. Avec l'acétophénone aux pressions élevées le retour à la rythmicité est pratiquement nul. Cette substance, qui éveille un rythme très différent de celui du benzène, exerce une action spécifique qui n'est pas unique chez les narcotiques indifférents qui ne sont pas tous rythmogènes, certains tels les alcools inférieurs modifiant seulement le tonus.

Nos résultats montrent que le cœur de l'embryon d'oiseau et la musculature amniotique, ainsi que l'utérus de lapine et le muscle dorsal de sangsue présentent des degrés de résistance à la pression semblables entre eux et à celui de l'intestin de lapin. Le muscle de sangsue est à peine narcosé à 500 atm pendant 5 mn et est plus résistant que l'intestin isolé, mais il ne faut pas oublier qu'il s'agit ici de mouvements déclenchés par le benzène et non de mouvements spontanés. Inversement le muscle dorsal

de sangsue est plus sensible aux pressions élevées que l'intestin isolé de lapin.

De façon générale, en laissant de côté ces différences secondaires sur lesquelles nous reviendrons, on ne peut que s'étonner de l'homogénéité des résultats si l'on tient compte de l'éloignement systématique des objets, de la disparité des organes et des fonctions particulières de muscles si différents.

Il est très probable que la pression touche à une propriété fondamentale de la matière vivante et qu'entre 300 et 400 atm l'on modifie des structures ou des mécanismes qui doivent être très généraux et correspondent à une véritable constante biologique universelle.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

(1) P. Gavaudan, H. Poussel et M. Guyot, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 366.

(2) *The kinetic basis of molecular biology*, New-York, Londres, 1954, p. 1-874.

(3) *J. cell. and compar. physiol.*, 5, 1934, p. 1-19.

(4) *Pflüg. Arch.*, 236, 1935, p. 416-426.

(5) *J. cell. and compar. physiol.*, 40, 1952, p. 367-381.

(6) *Biochem. Zeit.*, 156, 1925, p. 224-235.

(7) *Colloque Intern. C. N. R. S.*, 26, 1951, p. 157-162, *Mécanisme de la narcose.*

(8) *C. R. Soc. de Biol.*, 149, 1955, p. 1358-1360.

(9) *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 85, 1954, p. 144-149.

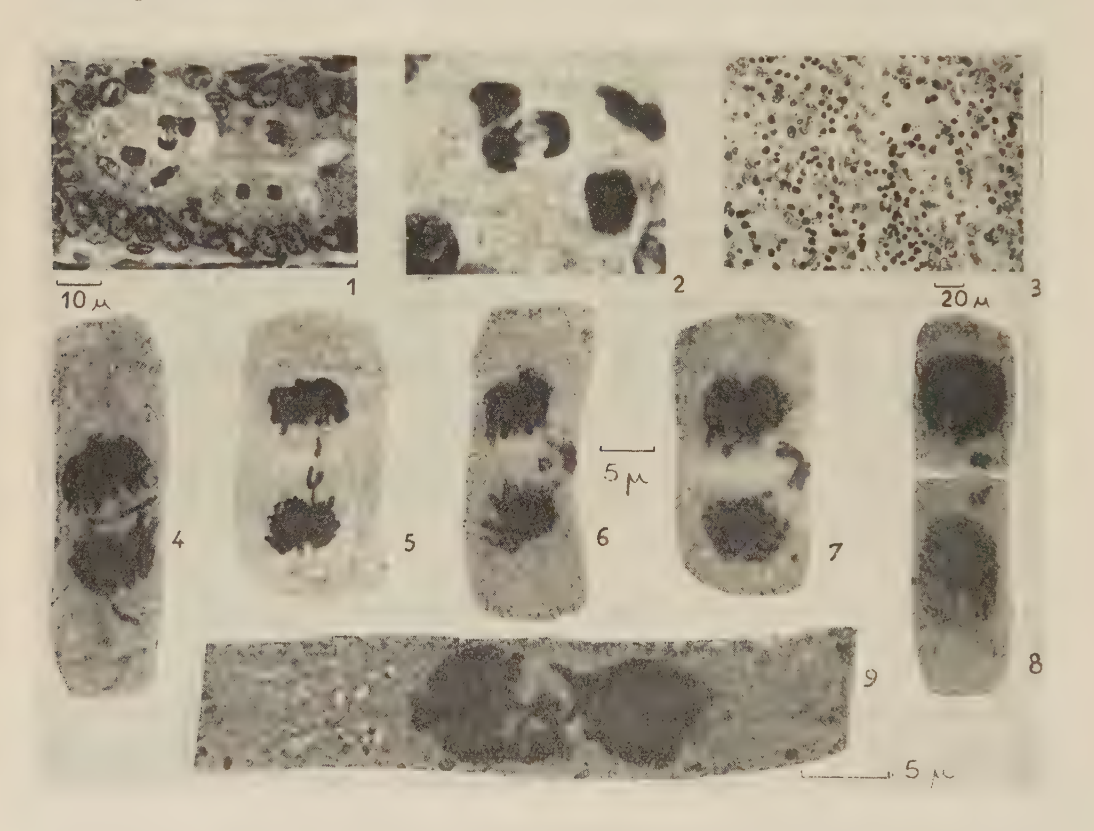
(*Laboratoire de Physiologie végétale et de Physiologie cellulaire de la Faculté des Sciences de Poitiers.*)

PHYSIOLOGIE CELLULAIRE. — *Action chromatoclasique du glyoxal.* Note (*) de MM. **André Thomas** et **Guy Deysson**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

L'action virulicide du glyoxal vient d'être découverte de façon indépendante aux États-Unis (1), en Hollande (2) et en France (3). Poursuivant nos recherches nous nous sommes demandé si le glyoxal agissait sur la chromatine des cellules animales et végétales différenciées. Les solutions de glyoxal portées à un pH voisin de la neutralité et diluées à l'eau distillée ont été soit injectées sous la peau du Rat blanc mâle ou femelle, soit utilisées comme milieu d'immersion pour les racines de bulbes d'*Allium sativum* L. et de plantules de *Pisum sativum* L. Après un délai variable, les rats ont été sacrifiés et leurs principaux viscères soumis à l'examen histologique, tandis que les racines baignées à nouveau dans le liquide de Knop dilué au demi, fournissaient des prélèvements échelonnés (Carnoy, orcéine acétique, réaction nucléale).

Les rats ont reçu, pour un poids de 200 g environ, soit 0,5 ml, soit 1 ml (dose toxique) d'une solution de glyoxal à 10 %; ils ont été sacrifiés après 12, 23 et 36 h. Les résultats sont comparables aux deux doses uti-

lisées. Après 12 h, d'assez nombreuses mitoses, dans l'intestin grêle (duodenum) sont déjà profondément altérées; ce sont essentiellement des stathmométaphases à chromosomes agglutinés, avec présence de chromosomes ou de fragments de chromosomes aberrants. On observe quelques anaphases à chromosomes agglutinés, avec un ou plusieurs ponts chromosomiques (*fig.* 1 et 2). Dans la suite (23 et 36 h) ces mitoses dégénèrent. La même agglutination des chromosomes se retrouve dans d'autres cellules à multiplication active (testicule). Dans la rate, les pycnoses sont déjà



nombreuses après 12 h, elles sont d'une extrême fréquence à 23 h (*fig.* 3); on les observe de même, plus discrètes et plus tardives, dans d'autres organes (foie, pancréas).

Chez l'*Allium sativum* (noyau réticulé riche en chromatine), une solution de glyoxal à 10^{-3} n'exerce aucune action sensible pendant les trois premiers jours. A 10^{-2} se manifeste une inhibition mitotique de type préprophasique qui provoque la disparition des mitoses entre 24 et 48 h; quelques ponts chromosomiques apparaissent dans les figures mitotiques les plus tardives. A 10^{-2}, l'intoxication est rapidement intense.

Mais, à la concentration de 5.10^{-3}, une action chromatoclasique importante se manifeste. Après 2 h d'immersion, alors que l'activité mito-

tique est normale, la fragmentation des chromosomes est rare. Toutefois, après retour en liquide de Knop au demi, on observe dans les heures suivantes (entre 3 et 42 h) de nombreux fragments, ainsi que la présence de chromosomes restés dans le champ fusorial. Les fragments sont encore très peu fréquents à la métaphase (ordre de 0,4 % des métaphases), ils se voient le plus souvent à l'anaphase (ordre de 10 % des anaphases); ils peuvent être doubles (fragments d'origine métaphasique : *fig.* 6, 7, 8) ou simples (fragments anaphasique : *fig.* 4 et 5); dans un petit nombre de cas, l'atteinte chromosomique se poursuit jusqu'à la pycnose (*fig.* 9). Si l'immersion dans le glyoxal à 5.10^{-3} est prolongée au-delà de 2 h (3, 6, 24 h), les mitoses, encore nombreuses, comportent de plus en plus fréquemment des ponts chromosomiques; puis survient, à partir de 6 h, l'agglutination des chromosomes métaphasiques, de même ordre que celle observée chez le Rat. Après 48 h, les cellules meurent, montrant de nombreuses mitoses abortives à chromosomes agglutinés et peu colorables.

Chez le Pois (noyau réticulé pauvre en chromatine), les phénomènes sont analogues à ceux observés chez l'Ail, mais la fragmentation des chromosomes est rare; les altérations consistent surtout en ponts chromosomiques ana-et télophasiques.

A titre de comparaison, nous signalerons que le méthylglyoxal (aldéhyde pyruvique), dans les mêmes conditions, se montre plus toxique et moins chromatoclasique que le glyoxal. Chez l'Ail, on observe seulement un petit nombre de ponts chromosomiques à partir de la concentration de 10^{-4}; à 5.10^{-4}, il y a disparition des mitoses en 24 h, puis mort; à 10^{-3}, la mort survient entre 2 et 6 h d'immersion et il reste de nombreuses mitoses abortives. En outre, chez le Pois, le méthylglyoxal à 10^{-3} produit en quelques heures une action mitoclasique totale (les métaphases sont toutes stathmocinétiques), rapidement suivie de la mort. Enfin, des oxalates solubles (de sodium, d'ammonium) ne sont pas chromatoclasiques jusqu'à la concentration de 10^{-2}; mais celle-ci, après 3 h d'immersion, entraîne la mort avec mitoses abortives à chromosomes agglutinés. A 10^{-3} pendant plus de 24 h, une légère action mitoclasique se manifeste (rares stathmométaphases et cellules binucléées).

Conclusion. — Le glyoxal, qui est bactéricide et surtout virulicide, a donc une action principalement chromatoclasique ou radiomimétique, chez des cellules animales et végétales différenciées.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

(1) B. D. Tiffany, J. B. Wright, R. B. Moffett, R. V. Heinzelman, R. B. Strube, B. D. Aspergren, E. A. Lincoln et J. L. White, *J. Amer. Soc.*, 79, 1957, p. 1682; R. B. Moffett, B. D. Tiffany, B. D. Aspergren, R. V. Heinzelman, *Ibid.*, p. 1687; J. B. Wright, E. H. Lincoln et R. V. Heinzelman, *Ibid.*, p. 1690; W. F. Limans, G. E. Underwood, E. A. Slater, E. V. Davis et R. A. Siem, *J. Immunol.*, 78, 1957, p. 104.

(2) C. A. de Bock, J. Brug et J. N. Valop, *Nature*, 179, 1957, p. 706.

(3) J. A. Thomas et C. Hannoun, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 2258 et 2329.

ENDOCRINOLOGIE. — *Influence de l'hormone lactogène sur le déséquilibre hormonal de la Ratte gestante traitée par la réserpine.* Note (*) de MM. **Herbert Tuchmann-Duplessis** et **Richard Gershon**, présentée par M. Robert Courrier.

L'administration de réserpine au début de la gestation est compatible avec l'implantation mais provoque des avortements précoces qui semblent dus à une déficience progestéronique. L'hormone lactogène en assurant le maintien des corps jaunes s'oppose dans la majorité des cas à l'action abortive de la réserpine.

Dans des Notes précédentes, nous avons signalé que la réserpine modifie l'équilibre hypophyso-génital de la Ratte [1]. Elle supprime rapidement la kératinisation vaginale, induit des changements régressifs au niveau de l'ovaire et de l'utérus et modifie simultanément l'aspect cytologique de l'antéhypophyse [2]. Chez la Ratte gestante la réserpine provoque des avortements [3]. L'action nocive de cet alcaloïde a été également observée par Kehl et coll. [4]. chez la Lapine Injectée au début de la gestation la réserpine empêche même l'implantation chez la Lapine.

Le déterminisme hormonal des avortements observés chez la Ratte paraissant probable, nous avons essayé d'analyser le mécanisme d'action de la réserpine en traitant des rattes, d'une part, par cet alcaloïde, de l'autre par une association de réserpine et d'hormones sexuelles ou hypophysaires.

Nous rapportons ici uniquement le résultat de deux séries d'expériences concernant des traitements par la réserpine et par une association réserpine-hormone lactogène.

				Pourcentage de rattes		
Traitement.	Doses quotidiennes.	Nombre de rattes.	Diminution pondérale moyenne (%).	avortant avant le 15e jour.	ayant des fœtus vivants entre le 16e et le 18e jour.	sacrifiées au 20e jour.
Réserpine (1er jour).	25 µg pour 100 g	8	12	63	25	12
» (3e jour)...	»	12	23	92	0	8
» (6e jour)...	»	8	20	63	37	0
Réserpine (1er jour) + H. lactogène (4e jour).........	25 µg pour 100 g 5 U. I.	9	25	22	22	66
Réserpine (1er jour) + H. lactogène (7e jour).........	25 µg pour 100 g 5 U. I.	4	36	100	0	0

La réserpine a été administrée par voie sous-cutanée à la dose quotidienne de 25 μg pour 100 g d'animal et l'hormone lactogène à raison de 5 U. I. par jour.

Les rattes traitées par la réserpine ont été divisées en trois lots pour lesquels le traitement a été respectivement institué 1,3 et 6 jours après l'accouplement. Lors des traitements associés, la réserpine a été administrée à partir du 1er jour et l'hormone lactogène fut injectée dans un groupe à partir du 4e jour, dans l'autre seulement à partir du 7e jour de la gestation. L'évolution de la gestation a été suivie par des frottis vaginaux quotidiens et par des laparatomies exploratrices. Les ovaires ont été prélevés au moment du sacrifice et examinés selon les techniques histologiques courantes.

Le tableau qui résume les résultats de ces deux séries d'expériences fait apparaître le grand pouvoir abortif de la réserpine. Chez tous les animaux traités par la réserpine le pourcentage d'implantation est aussi élevé que chez les rattes non traitées, la gestation n'évolue cependant jusqu'au 20e jour que dans moins de 10 % des cas. La majorité des avortements (70 %) s'effectue 10 à 13 jours après l'accouplement. Lorsque les fœtus survivent au-delà du 16e jour, le mauvais état général des animaux oblige à interrompre la gestation pour récupérer les fœtus avant la mort des mères.

L'examen de l'ovaire révèle une involution prématurée des corps jaunes. Aussi paraît-il vraisemblable d'attribuer les avortements précoces à un déséquilibre endocrine et notamment à une déficience progestéronique.

Nous avons d'abord essayé de corriger cette déficience par la progestérone ou par une association de progestérone et d'œstradiol. Mais ces tentatives dont le compte rendu expérimental est exposé ailleurs ont échoué.

L'injection d'hormone lactogène à partir du 4e jour de la gestation a permis de maintenir la gestation jusqu'au 20e jour dans 66 % des cas. Cependant cette hormone s'est avérée inefficace lorsqu'elle fut administrée à partir du 7e jour de la gestation.

L'examen de l'ovaire apporte l'explication de la différence des résultats obtenus selon la date d'institution de l'hormonothérapie compensatrice. Dans le premier groupe les corps jaunes de 6 rattes présentent un aspect actif alors que dans le deuxième groupe l'involution des corps jaunes est chez tous les animaux aussi marquée que chez des rattes uniquement traitées par la réserpine.

La prolactine semble donc s'opposer à l'action abortive de la réserpine en stimulant les corps jaunes et en maintenant leur activité fonctionnelle. Son action n'est efficace que si elle est administrée précocement.

Nos observations sur la Ratte gestante nous conduisent à attribuer l'action abortive de la réserpine à une modification de l'activité gonado-

trope de l'hypophyse. Les résultats obtenus chez la Ratte non gestante sont également en faveur de cette hypothèse.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

(1) L. Mercier-Parot et H. Tuchmann-Duplessis, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1935.

(2) H. Tuchmann-Duplessis, *Presse Méd.*, **94**, 1956, p. 2189.

(3) H. Tuchmann-Duplessis et L. Mercier-Parot, *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 410.

(4) R. Kehl, A. Audibert, C. Gage et J. Amarger, *C. R. Soc. Biol.*, **150**, 1956, p. 2196.

(5) H. Tuchmann-Duplessis, R. Gershon et L. Mercier-Parot, *J. Physiol.* (sous presse).

(*Laboratoire d'embryologie, Faculté de Médecine, Paris.*)

ENDOCRINOLOGIE. — *Effet de l'hormone mélanophorique (intermédine) sur la fixation d'*^{131}I *dans la thyroïde et la peau des Grenouilles* (Rana esc. *et* Rana temp. *L.*). Note (*) de M. **Georges Čehović**, transmise par M. Robert Courrier.

Après injection à des Grenouilles d'hormone mélanophorique ou de lobe intermédiaire, on observe une diminution de la fixation de ^{131}I dans la thyroïde, semblable à celle observée chez des Grenouilles tenues à l'obscurité. La fixation dans la peau de l'abdomen est par contre très augmentée. *In vitro*, l'intermédine augmente nettement la fixation de ^{131}I dans la peau ; les extraits de posthypophyse la diminuent.

En étudiant chez des Grenouilles l'effet de l'obscurité continue (pendant 5 ou 7 jours) sur la fonction thyroïdienne (1), nous avons observé une nette diminution de la fixation de l'^{131}I dans leurs thyroïdes (35 à 58 % par rapport aux témoins). Nous avons aussi signalé (2) une fixation élective (vraisemblablement sous forme de thyroxine endogène marquée) de l'^{131}I dans le lobe intermédiaire de la Grenouille.

Ces observations nous ont conduit à étudier le rôle du lobe intermédiaire et de l'hormone mélanophorique (MSH) sur la fonction thyroïdienne de la Grenouille.

Nous n'avons pas pu trouver dans la bibliographie de travaux sur l'effet de l'intermédine sur la fonction thyroïdienne. Par contre il existe un certain nombre de publications sur les effets des extraits thyroïdiens et de la thyroïdectomie sur le contenu de l'hypophyse en MSH. Les résultats de ces travaux sont souvent contradictoires, toutefois ils ont fourni certaines données qui ont permis de supposer l'existence de ces rapports. Lerner (3) estime que d'autres études sont nécessaires pour déterminer les relations exactes entre la thyroïde et la pigmentation.

Zawadowsky (4), en 1928, signale que les extraits thyroïdiens provoquent la dépigmentation du plumage chez les Oiseaux. Ces observations, confirmées ensuite par d'autres auteurs, ont conduit A. Giroud, Ph. Kfouri et M. Martinet (5) à étudier ces relations chez le Rat. Ils ont trouvé, après

la thyroïdectomie, une augmentation de MSH dans l'hypophyse et une diminution de cette hormone après injection de thyroxine. E. H. Frieden [6] par contre a observé, chez le Rat, une diminution de MSH dans l'hypophyse après la thyroïdectomie et le thiouracil. A la suite d'injection de poudre de thyroïde desséchée, il a vu une augmentation passagère de MSH, D'autre part, R. Ortman [7] n'a pas trouvé chez *Rana pipiens* de modification du contenu en MSH dans le lobe intermédiaire et la posthypophyse après thyroïdectomie. Le même auteur décrit des modifications histologiques dans le lobe intermédiaire des grenouilles tenues à l'obscurité, mais pas de modification dans le contenu de ces hypophyses en MSH, ce qui le fait douter de l'efficacité de la méthode de dosage utilisée. Signalons encore les observations de W. G. Lynn et de Marie [9] : blanchiment des têtards dans des solutions de thiouracil.

Dans nos premières expériences (mai-juillet 1956), sur *Rana esc.* et *Rana temp.*, ayant observé une nette diminution de la fixation d'^{131}I à l'obscurité, nous avons supposé une action de MSH dont la sécrétion est alors accrue. Dans des expériences suivantes, selon la technique exposée [1], nous avons étudié cette fixation à la lumière (témoins), par injection d'intermédine et à l'obscurité. Nous avons injecté chaque jour dans le sac lymphatique dorsal une préparation pharmaceutique de MSH : l'intermédine (100 unités-grenouille par jour pendant 5 à 7 jours). L'action mélanophorique de cette préparation apparaissait en 30 à 45 mn et était encore visible après 18 à 24 h. Les chiffres obtenus sont exprimés en coups-minutes et par glande totale et sont comparés aux chiffres obtenus chez les témoins. Le tableau suivant donne les moyennes de trois expériences :

Date de l'expérience.	Dose (μc).	Fixation dans la thyroïde en coups-minute. Témoins.	A l'obscurité.	Intermédine.	% par rapport aux témoins. A l'obscurité.	Intermédine.
27 juin 1956.....	30	546 ± 58,8	307 ± 36,5	265 ± 9,9	56,2	48,5
18 juillet 1956....	30	478 ± 26,2	170 ± 28,5	225 ± 19,5	35,6	47,2
5 novembre 1956.	20	1043 ± 74,5	609 ± 129	451 ± 49,8	58,4	43,2

Comme nous l'avons déjà exposé dans la Note précédente [1], les rapports hématies/plasma étaient aussi modifiés dans le même sens (élévation du rapport à l'obscurité et avec l'intermédine).

L'analyse des résultats relatés dans le tableau confirme que l'obscurité (pendant 5-7 jours) diminue nettement la fixation de l'^{131}I dans la thyroïde. Le même résultat obtenu par injection d'intermédine donne des arguments sur l'importance du rôle de celle-ci (MSH) dans ces relations.

Les implantations de lobes intermédiaires de Grenouille ont aussi provoqué une diminution de la fixation de l'iode dans la thyroïde quoique

cette diminution soit moins nette, ce qui est dû vraisemblablement aux quantités plus petites de MSH présentes.

Nous avons déjà signalé [1] la très grande concentration du ^{131}I dans la peau de l'abdomen; cette concentration était de 2 à 4 fois plus élevée dans le groupe à l'obscurité et encore plus après action de l'intermédine. De trop grandes variations dans un même groupe nous ont conduit à étudier cette question *in vitro*. Cette action sur le mécanisme de la concentration de l'iode dans la peau était aussi établie *in vitro* parallèlement à l'action mélanophorique.

Les morceaux de peau étaient incubés pendant 3-4 h à la température de 23° C avec des broyats des différents lobes hypophysaires dans du liquide de Ringer (avec 1,3 mg IK/l) en ajoutant 10 μc de ^{131}I par 5 ml.

Nous résumons ici une partie de ces expériences dont les détails seront exposés séparément. Le lobe intermédiaire (2 dans 5 ml) a augmenté la concentration de l'^{131}I dans la peau *in vitro*. Le rapport peau/Ringer a été de 30 à 50 % plus élevé par rapport aux témoins (sans broyats). Le lobe postérieur a diminué cette concentration et le lobe antérieur n'a pas donné de modification significative. L'intermédine (25 à 100 U. G./5 ml) a augmenté la concentration et l'extrait posthypophysaire (Posthypophyse 0,05 à 0,2 U. I./5 ml) l'a diminuée. Nous citons ici comme exemple les résultats d'une expérience : rapports peau-Ringer-témoins : $1,58 \pm 0,07$; Intermédine : $2,23 \pm 0,12$; Post-hypophyse : $0,49 \pm 0,11$. La concentration très élevée dans la peau *in vitro* a aussi été étudiée chez *Rana pipiens* par J. Gennaro et M. Clementis [10] qui ont relaté une augmentation avec TSH et une diminution avec la thiourée ou le SCNK. Ils concluent que le mécanisme de la concentration de l'iode dans la peau des grenouilles ressemble étroitement à celui dans la thyroïde des Vertébrés. Nos résultats avec l'intermédine sur ce mécanisme *in vitro* nous paraissent apporter des arguments en faveur de l'importance du rôle de MSH dans le métabolisme de l'iode.

D'autre part, ils soulèvent le problème étudié par G. A. Fostvedt [11] dont les conclusions n'ont pas été confirmées par d'autres auteurs [Frieden [6]] sur le rôle de MSH dans le système tyrosine-tyrosinase.

La constatation de cette différence d'action sur l'iode des substances mélanophoriques issues des différents lobes nous a fait supposer qu'il s'agit de facteurs distincts. De récentes publications sur la découverte de la structure chimique de deux facteurs MSH (α et β) confirment cette supposition [12], [13], [14].

En chauffant les broyats des différents lobes hypophysaires (134° C et 3 atm) nous avons observé une dissociation de l'action mélanophorique (peu modifiée) et de l'action sur la concentration de l'iode dans la peau *in vitro*. Ceci nous amène à supposer que ces effets différents sur l'iode

des substances mélanophoriques issues des divers lobes seraient dus aux différences structurales de ces MSH particulières et que leur pouvoir mélanophorique serait lié à leurs groupements d'acides aminés communs. Ces substances dont on ne connaissait jusqu'ici que l'action mélanophorique pourraient avoir un rôle important dans les relations hypothalamo-hypophyso-thyroïdiennes.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

(1) *Comptes rendus*, **244**, 1957, p. 2647.

(2) *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 1450.

(3) A. B. Lerner, K. Shizume et I. Bunding, *J. Clin. Endocr. Metab.*, **14**, 1954, p. 1463.

(4) B. M. Zawadowsky et A. A. Titaew, *Medico-biol. J.* (Moscou), **3-4**, 1928, p. 34.

(5) *C. R. Soc. Biol.*, **138**, 1944, p. 74.

(6) *Endocrinology*, **49**, 1951, p. 557.

(7) *Acta endocrinol.*, **23**, 1956, p. 437.

(8) R. Ortman, *Anat. Record*, **119**, 1954, p. 1.

(9) *Science*, **104**, 1946, p. 31.

(10) *Federat. Proceedings*, **15**, n° 1, 1956, p. 72.

(11) *Endocrinology*, **27**, n° 1, 1940, p. 100.

(12) F. G. Sulman et Eviatar, *Acta endocrinol.*, **23**, 1956, p. 120.

(13) J. I. Harris et A. B. Lerner, *Nature*, **179**, n° 4574, 1957, p. 1346.

(14) I. I. Geschwindt, C. H. Li et L. Barnafi, *Amer. Chem. Soc.*, **79**, 1957, p. 680.

BIOLOGIE. — *Neurosécrétion et sexualité chez le Termite à cou jaune* (Calotermes flavicollis F.). Note (*) de M. **Charles Noirot**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

Dans la termitière, la maturation et le fonctionnement des gonades sont étroitement contrôlés par le groupe social. Chez le Termite à cou jaune, les imagos ailés ne peuvent pas se reproduire dans la colonie où ils se sont développés, l'isolement leur est nécessaire. D'autre part, les sexués fonctionnels exercent sur tous les individus de la société une action inhibitrice sur le développement du germen; si cette inhibition est levée (par suppression du couple reproducteur), des larves ou des nymphes subissent une mue particulière qui les transforme en reproducteurs néoténiques qui, à leur tour, inhibent leurs congénères; il y a donc dissociation entre développements somatique et germinal (1). Voici les premiers résultats obtenus dans l'étude des phénomènes de neurosécrétion qui accompagnent la maturité sexuelle, tant chez les imagos que chez les néoténiques (2).

Chez les *larves* âgées (cinquième stade par exemple), la répartition des cellules neurosécrétrices est la suivante. Dans le cerveau, on peut observer, d'avant en arrière : 1° autour des glomeruli du nerf antennaire, une cellule

au bord interne, tout à fait antérieure, et une autre, ventrale, sous le départ du nerf antennaire (cette dernière n'a pas été observée dans tous les cas). Ces cellules appartiennent probablement au deutocérébron; 2° dans la *pars intercerebralis*, de grandes cellules neurosécrétrices, généralement au nombre de 4 à 6, et, plus en arrière, une ou deux petites cellules contenant très peu de produit de sécrétion; 3° tout à fait en arrière, à la face externe du calice des corps pédonculés, une cellule de taille moyenne, de position très constante.

Dans le ganglion sous-œsophagien, il est facile d'observer deux grandes cellules neurosécrétrices, situées côte à côte, ventralement et vers le tiers antérieur.

Rien n'a été vu dans les ganglions thoraciques, mais le sixième (et dernier) ganglion abdominal montre une cellule neurosécrétrice assez grande et très nette, dorsale et tout à fait postérieure.

Au cours de la mue, le produit neurosécrété disparaît plus ou moins complètement des cellules, sauf en ce qui concerne les cellules antérieures (deutocérébrales ?) et la cellule du sixième ganglion abdominal, où les variations nous ont paru faibles ou nulles.

Chez les *nymphes*, les cellules neurosécrétrices précédemment signalées sont toujours visibles, mais on voit apparaître, en outre, un autre groupe de cellules neurosécrétrices à la base de chaque ganglion optique : on observe, de chaque côté, une à trois cellules de petite taille, assez pauvres en sécrétion figurée mais bien reconnaissables. Ces cellules, le plus souvent non contiguës, sont situées à la face antéro-dorsale, non loin du ganglion optique. Dans la *pars intercerebralis* les petites cellules neurosécrétrices postérieures peuvent être plus nombreuses (3 ou 4), mais contiennent toujours peu de grains de sécrétion.

Après la mue imaginale, ces dernières cellules deviennent un peu plus colorables, et l'on en distingue généralement une dizaine. En outre, des traces de neurosécrétion commencent à apparaître dans le thorax : chez les ailés essaimants, on distingue parfois (mais non toujours), 2 à 4 cellules neurosécrétrices dans chaque ganglion thoracique, cellules de petite taille, en position ventrale, à des niveaux variables; mais ces cellules thoraciques sont peu colorables à ce stade.

Au moment de l'essaimage, les gonades de l'imago sont encore loin d'avoir atteint leur complet développement, surtout en ce qui concerne les ovaires [3]. Chez l'imago fonctionnel (roi ou reine), la neurosécrétion prend un développement maximum. Nous avons examiné des *imagos, fonctionnels* depuis deux ans à deux ans et demi (provenant d'un essaimage de l'automne 1954 à Banyuls et élevés depuis au laboratoire), et d'autres trouvés dans des colonies naturelles et sûrement plus âgés. Les résultats sont très comparables. Nous n'avons pas vu de différences

notables entre mâles et femelles. Dans le cerveau, les cellules neurosécrétrices antérieures (deutocérébrales ?) sont parfois plus nombreuses (jusqu'à 5 de chaque côté), mais assez variables et jamais très colorables. Les grandes cellules de la *pars intercerebralis* ne présentent qu'une colorabilité diffuse et faible, les petites (au nombre d'une dizaine) sont plus nettes. La cellule proche du calice du corps pédonculé est toujours visible. C'est à la base du ganglion optique que de nouvelles cellules neurosécrétrices apparaissent : les 2 ou 3 cellules du bord antéro-dorsal sont toujours présentes, mais on voit en outre, au bord postéro-dorsal, un groupe de 5 à 10 cellules, de petite taille, assez pauvres en cytoplasme, mais contenant de nombreux grains très colorables.

Dans le ganglion sous-œsophagien, outre les deux cellules habituelles, on observe une ou deux autres cellules neurosécrétrices plus petites, plus antérieures. Dans les ganglions thoraciques, les cellules déjà visibles chez certains essaimants sont beaucoup plus nettes, quoique toujours petites et à cytoplasme peu abondant. La grande cellule du 6e ganglion abdominal est extrêmement riche en grains de sécrétions, et l'on colore en outre d'autres cellules plus petites, également postérieures; il y en a généralement 4, mais souvent moins.

Il est intéressant d'observer que, chez les reproducteurs *néoténiques*, les images de neurosécrétion sont semblables à celles qu'on obtient chez les reproducteurs imaginaux. En particulier, le groupe postérieur de petites cellules neurosécrétrices de la base des ganglions optiques est toujours bien visible. Ces cellules, caractéristiques des sexués fonctionnels, acquièrent très précocement la fonction neurosécrétrice, car on peut les reconnaître histologiquement dès avant la mue qui produit le néoténique [4]; à ce stade certes, l'activité sécrétrice de ces cellules est très faible; on n'y distingue qu'un petit nombre de grains colorables par les techniques habituelles, mais cette élaboration est indiscutable.

Il existe donc une corrélation nette entre neurosécrétion et fonctionnement des gonades, et ce indépendamment du développement somatique de l'Insecte. Les seules observations histologiques ne permettent pas de préciser le lien existant entre les deux phénomènes.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

(1) P.-P. GRASSÉ et CH. NOIROT, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 869.

(2) Les coupes sont colorées à la fuschine-paraldéhyde de Gabe ou à l'hématoxyline chromique de Gomori, après fixation au liquide de Halmi.

(3) P.-P. GRASSÉ, *Bull. Biol. France et Belgique*, 74, 1942, p. 1-37.

(4) Les sexués néoténiques se différencient après une mue particulière (P.-P. GRASSÉ et CH. NOIROT, *loc. cit.*, 1946); avant l'exuviation, il est possible de reconnaître un futur néoténique par la pigmentation de l'œil déjà visible.

(*Laboratoire d'Évolution des Êtres organisés, Faculté des Sciences, Paris*)

BIOLOGIE. — *Influence de l'ablation des pédoncules oculaires sur les pigments caroténoïdes de l'hypoderme du Crabe* Carcinus mænas. Note (*) de M. **Roland Lenel**, transmise par M. Louis Fage.

De nombreux auteurs ont montré que le complexe glande du sinus-organe X contenu dans le pédoncule oculaire des Crustacés Décapodes avait une grande influence sur tous les aspects du métabolisme de l'animal. Nous avons, pour notre part, signalé une action très nette de ces éléments sur le comportement des pigments caroténoïdes du Crabe *Carcinus mænas* ([1]), ([2]).

Rappelons que des Crabes ayant subi l'ablation des pédoncules oculaires rougissent plus ou moins fortement et plus ou moins rapidement après l'opération. Ce phénomène est dû en partie à des modifications immédiates de la configuration des chromatophores de l'hypoderme : contraction des mélanophores et étalement des chromatophores rouges et blancs, ce qui détermine un changement de coloration de l'animal, et, pour une autre part, à plus longue échéance, à une modification biochimique se traduisant par une concentration différente des pigments de cette assise. C'est cette dernière constatation qui fait l'objet du présent travail.

Dans une Note précédente ([3]), nous avons indiqué la nature des deux principaux pigments trouvés dans l'hypoderme du Crabe. Ce sont : un pigment jaune dont la courbe d'absorption présente trois maximums vers 398, 423, 448 mμ, dans l'éther de pétrole avec un autre maximum bien plus faible vers 473 mμ; un pigment rouge orange, vraisemblablement isomère de l'astaxanthine dont la courbe d'absorption montre un maximum unique variant entre 450 et 465 mμ dans l'éther de pétrole, selon les cas.

Ces deux pigments, qui sont toujours épiphasiques avant la saponification, ont des propriétés chromatographiques à peu près identiques, ce qui rend leur séparation pratiquement toujours incomplète. C'est pour cette raison que, dans le travail que nous mentionnons ici, nous étudions le mélange des pigments sans en séparer les constituants. L'étude des courbes d'absorption de ces solutions nous a cependant permis de déceler facilement les modifications possibles par comparaison de la position et de la hauteur de leurs maximums.

Sur les Crabes en expérience, nous avons prélevé d'un côté, au-dessus de la cavité branchiale, un large fragment de carapace et d'hypoderme. Cette opération n'empêche pas l'animal de survivre puisque aucun organe n'est lésé par cette intervention. On procède ensuite à l'ablation des deux pédoncules oculaires puis on laisse l'animal en élevage individuel. De la

sorte, il est possible d'étudier sur le même animal les transformations éventuelles survenues dans les pigments à la suite de l'opération.

Sur les fragments prélevés, on sépare carapace et hypoderme; les pigments de ces assises, après avoir été extraits à l'acétone, sont remis en éther de pétrole. On fait alors, au spectrophotomètre, les courbes d'absorption de ces solutions qui sont caractéristiques de la nature et de la proportion des pigments de la carapace et de l'hypoderme du Crabe considéré.

Trois semaines plus tard, les animaux ayant une teinte beaucoup plus rouge, on prélève une autre partie de téguments, symétrique de la précédente. La dissection montre que l'hypoderme présente une quantité nettement accrue de pigments rouges sous forme de taches très nombreuses et très dispersées à la surface externe de cette assise.

Les pigments sont extraits et étudiés suivant la même technique et l'on compare les courbes d'absorption obtenues sur la carapace et sur l'hypoderme avant et après l'opération pour chaque Crabe envisagé.

Les courbes de la carapace, pour un même animal, n'ont subi aucune modification; elles sont superposables, donc absolument identiques. Par contre, celles de l'hypoderme sont très différentes entre elles : on y observe aisément des variations très importantes dans les proportions des divers maximums; c'est ainsi que le maximum situé dans l'éther de pétrole vers 450 mμ est beaucoup plus développé après l'opération; l'aspect de la courbe en est totalement modifié et, dans certains cas, les autres maxima sont presque entièrement couverts par celui-ci. Or, on sait que ce maximum unique à 450 mμ est provoqué dans l'hypoderme par une forme particulière de l'astaxanthine; c'est donc l'apparition d'une quantité plus importante de ce pigment rouge dans cette partie des téguments qui est la cause des modifications intervenues dans la forme de la courbe. Ce fait est encore prouvé par l'observation de l'accroissement des chromatophores rouges déjà signalés plus haut et par la chromatographie du mélange sur CO_3Ca, où la zone rouge orange sur la colonne correspondant au maximum de concentration de ce caroténoïde est bien plus prononcée dans ce cas.

De la sorte, nous avons montré une action des éléments neurosécréteurs situés dans le pédoncule oculaire du Crabe sur l'évolution des pigments caroténoïdes, particulièrement ici, dans les téguments. L'ablation de ces organes n'agit pas, au moins en cours d'intermue, sur les pigments déjà fixés sur la carapace, assise inerte de ce point de vue, tandis qu'elle provoque une augmentation considérable de la quantité d'astaxanthine dans l'hypoderme de l'animal.

Ceci démontre une fois encore l'importance de ces éléments dont l'ablation entraîne un accroissement général du métabolisme déjà décrit par

de nombreux auteurs et illustré ici par la production accélérée d'une forme extrême de l'évolution des pigments caroténoïdes chez les Crustacés.

(*) Séance du 29 juillet 1957.
(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1064.
(2) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1448.
(3) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 662.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'excrétion biliaire d'un sulfoconjugué de l'acide* 3:5:3'-*triiodothyroacétique* (T_3A) *après administration de ce produit au Rat.* Note (*) de MM. **Jean Roche** et **Raymond Michel**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'intérêt récemment suscité par T_3A nous a engagés à étudier son métabolisme hépatique. Nous avons établi (1) que la bile des animaux recevant le premier de ces corps renferme, en dehors du glycuroconjugué de T_3A et d'iodures, d'autres produits iodés, parmi lesquels nous avons identifié l'ester sulfurique de T_3A.

Nos expériences ont comporté l'administration de T_3A marqué en 3' par ^{131}I (2), injecté soit seul à la dose de 0,1 µg, soit avec 10 mg du même

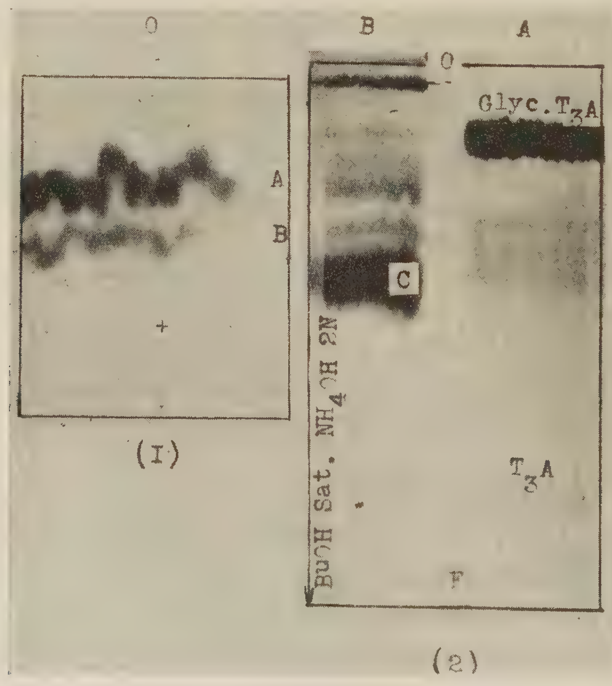


Fig. 1. — Partie gauche : autoradiogramme des constituants iodés et soufrés marqués de la bile de rat traités par l'acide 3 : 5 : 3'-triiodothyroacétique, séparés par électrophorèse sur papier (480 V, pH 9, 5 h). Partie droite : chromatographie en *n*-butanol acétique (papier Whatman n° 1) des constituants A et B séparés par électrophorèse (solvant : *n*-butanol-acide acétique-eau (78 : 5 : 17). (Glyc. T_3A = glycuroconjugué de T_3A.)

corps non marqué. Comme il paraissait plausible que T_3A subisse une sulfoconjugaison hépatique, nous lui avons injecté simultanément du sulfate de sodium marqué par ^{35}S et mis à profit la répartition de ^{131}I et de ^{35}S dans les produits de fractionnement de la bile pour séparer et identifier ses constituants.

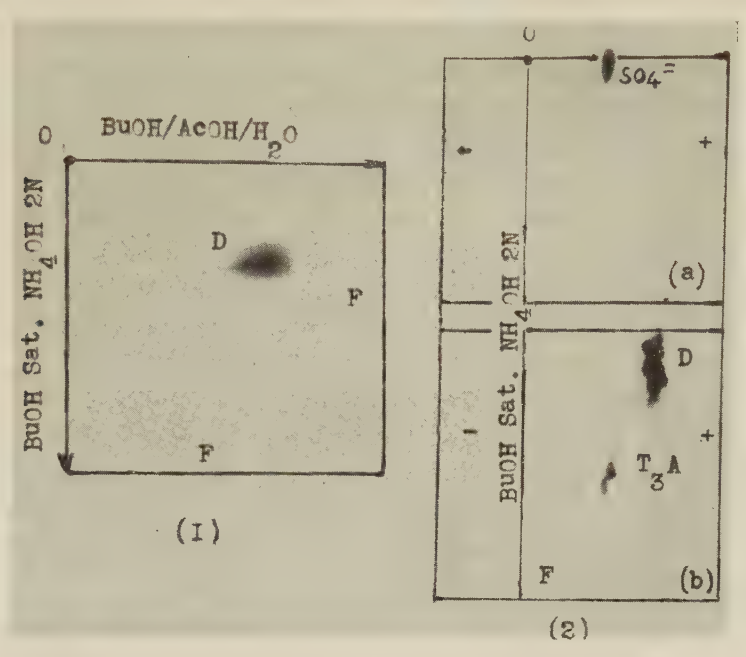


Fig. 2. — Partie gauche : autoradiogramme de chromatogramme bidimensionnel (*n*-butanol saturé de NH_4OH 2N et *n*-butanol acétique) du constituant C de la partie droite de la figure 1 [ester sulfurique de T_3(D)]. Partie droite : caractérisation chromatoélectrophorétique de $^{35}SO_4^{=}$ et de T_3 dans les produits de l'hydrolyse chlorhydrique partielle de l'ester sulfurique de T_3(D) (1, solvant : *n*-butanol ammoniacal; 2, électrophorèse sous 200 V, pH 9, 2, 2 h; 2′, électrophorèse sous 500 V, pH 9, 5 h).

Six rats ♂ (250 g), thyroïdectomisés ont reçu en injection intramusculaire 0,1 μg de T_3A marqué (20 μC) et 100 μC $^{35}SO_4Na_2$ auxquels on a adjoint, chez trois d'entre eux, 10 mg de T_3A non marqué. La bile a été recueillie dans les six heures suivantes (tube de polytène à demeure dans le canal cholédoque) et les radioactivités respectives de ^{35}S et de ^{131}I ont été mesurées au compteur cloche (avec ou sans écran d'aluminium).

Des électrophorèses ont été opérées sur 1 ml de bile [dépôt sur une longueur de 15 cm, papier Whatman 3 MM, tampon au $CO_3(NH_4)_2$ 0,05 M de pH 9,0; 480 V; 5 h]. Elles ont permis d'individualiser, en dehors des iodures et des sulfates, qui migrent alors à plus de 15 cm, deux bandes de constituants radioactifs, les uns presque exclusivement iodés (A), les autres renfermant ^{131}I et ^{35}S (B) (*fig.* 1, I). Les bandes A et B ainsi séparées (électrophorèses préparatives) ont été éluées par du *n*-butanol saturé d'eau. La chromatographie de la bande A dans divers solvants permet de constater que le glycuroconjugué de T_3A [1] en est le principal constituant. Celle de la bande B conduit à la

séparation de six fractions radioactives, dont les plus abondantes renferment ^{131}I et ^{35}S (*fig.* 1, II).

La bande dont le R_f est le plus élevé (C) est éluée par du *n*-butanol saturé d'eau et une partie de l'éluat est rechromatographiée dans le *n*-butanol acétique aqueux. Le dosage de ^{131}I et de ^{35}S sur les taches séparées par cette opération révèle, entre autres, la présence d'un produit ne renfermant que ^{35}S ($R_f = 0,10$) et celle d'un constituant radioactif iodé et soufré ($R_f = 0,60$). Une bande renfermant ce dernier est découpée sur des chromatogrammes (40 cm de long) et l'on en sépare les régions dans lesquelles le rapport $^{131}I/^{35}S$ est constant. Le chromatogramme bidimensionnel de l'éluat (D) (*n*-butanol acétique et *n*-butanol ammoniacal) ne présente qu'une seule tache (*fig.* 2, I) sur toute la surface de laquelle le rapport $^{131}I/^{35}S$ est constant.

Nous avons cherché à caractériser le produit ainsi isolé en réalisant son hydrolyse acide partielle, dans ClH 0,1 N à ébullition pendant 15 mn. Le résidu de cette opération a été analysé par chromatographie, électrophorèse sur papier et mesure des radioactivités de ^{131}I et de ^{35}S et les autoradiogrammes obtenus sont reproduits dans la figure 2 (II, *a* et *b*). La tache de la partie *a* caractérise les ions $^{35}SO_4^=$. Celles de la partie *b* correspondent, l'une au produit initial non hydrolysé et l'autre à T_3A. Le produit étudié s'hydrolysant en T_3A et en acide sulfurique, il y a tout lieu de le considérer comme l'ester sulfurique de T_3A (sulfoconjugué).

Conclusion. — Une partie de l'acide 3:5:3'-triiodothyroacétique injecté au Rat thyroïdectomisé est excrétée par la bile à l'état d'ester sulfurique (sulfoconjugué). La destinée métabolique de ce corps et la sulfoconjugaison des hormones thyroïdiennes, précurseurs des acides iodothyroacétiques, font actuellement l'objet de nos recherches.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

(1) J. ROCHE, R. MICHEL, N. ETLING et P. JOUAN, *C. R. Soc. Biol.*, 150, 1956, p. 1320.

(2) J. ROCHE, R. MICHEL, P. JOUAN et W. WOLF, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 37, 1955, p. 819.

(*Biochimie générale et comparée, Collège de France.*)

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse de polynucléotides par un système enzymatique isolé à partir de la levure.* Note de Mme **MARIANNE GRUNBERG-MANAGO** et M. **JERRY WISNIEWSKI**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Isolement à partir d'extraits de levure d'un nouveau système enzymatique capable de synthétiser les polynucléotides et différent de la « polynucléotide phosphorylase ».

Nous avons isolé à partir d'extraits de levure un système enzymatique capable de synthétiser des polynucléotides à partir des nucléosides diphosphates. Le mécanisme de synthèse et la constitution du polynucléotide

formé se sont montrés différents de ceux trouvés avec la polynucléotide phosphorylase ([1]). Or, jusqu'à maintenant, ce dernier enzyme ([1]) extrait de diverses bactéries était le seul moyen connu de synthétiser des polymères de ribonucléotides.

Les extraits solubles d'une levure « petite colonie » 59 RA ([2]) catalysent un échange rapide entre le ^{32}P minéral et le phosphate terminal de l'adénosine diphosphate, le premier phosphate n'étant jamais marqué. Se basant sur ce test, cet enzyme a été purifié par un fractionnement au $SO_4[(NH)_4]_2$ adsorption et élution sur le gel $(PO)_2Ca_3$ et son activité a été ainsi augmentée d'environ 20 fois.

La préparation purifiée a une activité spécifique d'environ 10; une unité d'enzyme étant définie comme la quantité d'enzyme qui catalyse l'incorporation de 1 μM de phosphate dans les conditions expérimentales en 15 mn. L'activité spécifique de l'enzyme est exprimée en unité par milligramme de protéine.

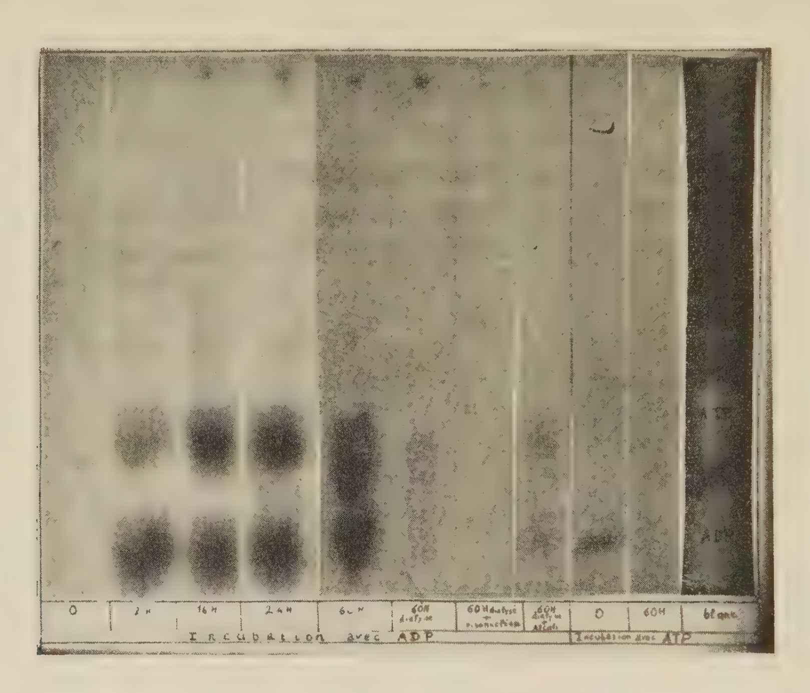
L'enzyme, purifié de la plupart des phosphatases et d'une grande partie de la myokinase, est inactif sur les 5′ nucléosides monophosphates ou triphosphates comme l'(AMP), l'(ATP), (CTP), (UTP), (GTP) ([3]). Il incorpore l'orthophosphate ^{32}P dans le groupement terminal de tous les nucléosides diphosphates essayés (GDP, UDP, CDP, IDP et ADP) ([3]). Contrairement à ce que l'on observe avec l'enzyme d'azotobacter ([1]) il n'y a pas de différence notable entre les vitesses d'incorporation du phosphate dans le groupement terminal de la guanosine diphosphate et des autres nucléotides.

L'incorporation du phosphate a un optimum à pH 7,3 et n'exige apparemment aucun cofacteur. Cette réaction, à l'inverse de celle catalysée par l'enzyme bactérien, est même inhibée de 30 à 50 % par le magnésium et les métaux, aussi le test est fait en présence d'EDTA ([3]). Il est intéressant de noter que dans ces conditions (absence de métaux), l'enzyme, même ajouté en grande quantité, ne libère pas de phosphate d'aucun des nucléotides essayés mono, di ou triphosphates bien qu'il incorpore très rapidement celui-ci dans l'ADP.

Ceci rend improbable la possibilité que l'incorporation de phosphate soit due à la réversibilité de la réaction catalysée par la polynucléotide phosphorylase.

Lorsqu'on ajoute le magnésium en assez grande quantité (2.10^{-2} M) il se produit une libération de phosphate à partir de l'ADP (20 % environ de la quantité de P_m incorporé). L'enzyme est également actif sur les autres diphosphates, mais la libération de phosphate reste toujours faible. Cette réaction a un optimum entre pH 7,3 et 8. Il n'y a aucune libération de phosphate à partir de l'ATP ou du 3′ AMP_3, il s'en produit une très

légère à partir du 5′AMP$_5$, toujours deux à trois fois plus faible qu'à partir de l'ADP.



Autoradiogramme du mélange d'incubation.

Dans 5 ml. volume final : Tampon tris pH 7,45, 250 μM. $MgCl_2$, 100 μM. ADP ou ATP, 39,2 μM. P_m, 5,8 μm, avec 3 200.10^3 c/mn. Enzyme de levure, 0,208 mg de protéine AS = 10,2. Incubation à 30° en agitant. Temps exprimé en heures.

La réaction est arrêtée par chauffage 1 mn à 100°. Des prises de 0,1 ml sont prélevées pour la chromatographie descendante suivant la technique de Krebs et Hems avec élimination préalable de phosphore minéral. Après 60 h d'incubation une partie du liquide est dialysée 48 h contre l'eau distillée, 0,1 ml du dialysat est prélevé pour la chromatographie. 0,1 ml est hydrolysé avec KOH (0,4 N conc. fin.) 48 h 37°. 0,1 ml est hydrolysé avec 1,07 unité de ribonucléase des feuilles [préparation purifiée de Holden et Pirie ([4])] en présence de tampon citrate pH 5,5, 5 μm.

L'autoradiogramme montre l'apparition en fonction du temps d'un composé radioactif restant au point de départ. Les autres composés radioactifs sont l'ADP et l'ATP, l'incubation étant prolongée les traces de myokinase sont suffisantes pour marquer l'ATP. L'ADP et l'ATP sont éliminés par dialyse tandis que le composé du point de départ reste. Il disparaît après hydrolyse par l'alcali ou la ribonucléase, il y a trop peu de substance pour voir apparaître dans cet autoradiogramme, les produits d'hydrolyse du polynucléotide. Si le mélange d'incubation contient l'ATP au lieu d'ADP, il ne se forme pas de composé radioactif. Le blanc correspond à une photographie dans l'ultraviolet de la partie du chromatogramme contenant les nucléotides de référence ADP et ATP.

Nous ne pouvons à l'heure actuelle décider si les deux activités : incorporation de P_m dans l'ADP et libération de P_m sont dues au même enzyme. Mais il semble peu probable que la libération de phosphate soit due à une phosphatase ordinaire, car on ne connaît pas à l'heure actuelle de phosphatase inactive sur l'adénosine triphosphate et hydrolysant l'adénosine diphosphate spécifiquement.

Après incubation prolongée de l'enzyme purifié en présence d'ADP et

de ^{32}P on s'aperçoit qu'il y a formation d'un composé absorbant dans l'ultraviolet qui reste sur le point de départ du chromatogramme dans le solvant de R. Krebs et H. A. Hems [3]. Il est non dialysable contre l'eau distillée ou les sels dilués, aussi il paraît être un polynucléotide. Ce polynucléotide est radioactif (*fig.* 1) à la différence du polymère synthétisé par l'enzyme d'azotobacter dans les mêmes conditions [1]. Il est hydrolysé par l'alcali et la ribonucléase des feuilles [4]. La structure des produits d'hydrolyse est à l'étude.

Aucun polymère ne se forme en absence de magnésium ou si l'ADP est remplacé par le dérivé mono ou triphosphorylé (*fig.* 1).

La formation du polymère exigeant le magnésium, et l'échange étant au contraire inhibé par celui-ci, la réaction doit procéder par deux étapes au moins.

Comme l'enzyme de levure n'incorpore lui aussi que le phosphate dans le groupement terminal de l'ADP, il est évident que la partie 5' AMP de l'ADP n'est pas marqué en présence de ^{32}P. Le polynucléotide synthétisé par l'enzyme de levure étant radioactif, ne peut être composé seulement d'unités d'acide adénylique, comme c'est le cas pour le polymère synthétisé par l'enzyme bactérien, mais doit contenir des extra-phosphates.

(1) M. Grunberg-Manago, P. J. Ortiz et S. Ochoa, *Bioch. Biophys. Acta*, 20, 1956, p. 26.

(2) P. P. Slonimski, *Ann. Inst. Pasteur*, 76, 1949, p. 510.

(3) *Bioch. Biophys. Acta*, 12, 1953, p. 172.

(4) M. Holden et N. W. Pirie, *Bioch. J.*, 60, 1955, p. 39.

(5) *Abréviation :* 5'-diphosphates (pyrophosphates) d'adénosine, inosine, guanosine, uridine et cytidine. ADP, IDP, GDP, UDP et CDP. 5' monophosphates des mêmes nucléosides AMP, IMP, GMP, UMP et CMP, les 3' monophosphates correspondants 3' AMP, etc., les 5' triphosphates des mêmes nucléosides ATP, ITP, GTP, UTP et CTP. Tris tri(hydroxyméthyl)aminométhane. EDTA acide éthylènediamine tétraacétique. P_m orthophosphate.

(*Institut de Biologie physico-chimique, Service de Chimie biologique.*)

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Hyperaldolasémie chez la souris myopathique.* Note (*) de Mme **Fanny Schapira**, MM. **Georges Schapira** et **Jean-Claude Dreyfus**, présentée par M. Léon Binet.

Les auteurs mettent en évidence l'augmentation de l'aldolase circulante chez la souris myopathe. Cette hyperaldolasémie, spécifique des atrophies myogènes, contribue à rapprocher la myopathie humaine de la myopathie spontanée de la Souris.

Nous avons montré dans des publications antérieures [1], [2] que l'aldolase plasmatique ou sérique est élevée de façon presque constante chez les malades atteints de myopathie, alors qu'elle est normale ou subnormale

dans les atrophies neurogènes. Récemment, Ann Michelson et ses collaborateurs [3] ont réussi à isoler une souche de souris présentant une paralysie transmissible comme un caractère récessif, non lié au sexe; les lésions anatomo-pathologiques et cliniques rapprochent cette affection de la myopathie humaine. Le syndrome biochimique musculaire étudié par I. M. Weinstock [3], S. Epstein et A. I. Milhorat [4] est, lui aussi, semblable au syndrome que nous avons décrit chez les myopathes [5]; mais il n'est pas spécifique, l'abaissement des enzymes de la glycogénolyse dans le muscle s'observant aussi au cours des atrophies neurogènes. Nous avons donc cherché si les souris atteintes de cette dystrophie musculaire présentaient aussi une hyperaldolasémie, symptôme plus spécifique des atrophies d'origine myogène.

Technique. — La souche de souris myopathiques est la souche 129, isolée et fournie par le « Roscœ B. Jackson Memorial Laboratory ». Chaque souris myopathique est accompagnée d'un témoin de même portée non atteint. L'aldolase est dosée lorsque les souris sont âgées d'environ 10 semaines; le prélèvement est pratiqué par section caudale, et l'activité enzymatique est évaluée sur 0,01 ml de sérum, selon la technique de J. A. Sibley et A. L. Lehninger [6], adaptée en ultramicrométhode.

Résultats. — Le tableau I rassemble les résultats : l'aldolase sérique, de 4,47 U (x) $\pm$ 0,52 chez les témoins, s'élève à 9,05 U $\pm$ 0,95 chez les souris myopathiques. La différence est significative selon le test « *t* » de Student Fisher ($P < 0{,}01$).

TABLEAU I.

Aldolase sérique des souris (*).

Témoins.	Myopathiques.
3,0	6,9
3,2	7,8
3,7	9,3
4,7	9,2
6,1	7,6
5.5	13,5
M = 4,37 ± 0,52	M 9,05 ± 0,95

(*) En unités Meyerhof par litre de sérum.

Le chiffre le plus faible des souris dystrophiques est supérieur au chiffre le plus fort des souris normales.

Conclusion. — La souris atteinte de myopathie héréditaire présente comme l'homme myopathique une augmentation de l'activité aldolasique du plasma. Il s'agit là d'un symptôme d'atteinte musculaire primitive qui manque dans les atrophies neurogènes.

L'observation que nous présentons, jointe aux constatations cliniques, anatomiques et biochimiques antérieures, constitue un élément important pour rapprocher la maladie humaine de la myopathie de la Souris.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) G. Schapira, J. C. Dreyfus et F. Schapira, *Sem. Hôp. Paris*, 29, 1953, p. 1917.

(2) G. Schapira, J. C. Dreyfus, F. Schapira et J. Kruh, *Amer. J. Phys. Med.*, 34, 1955, p. 313.

(3) A. Michelson, E. Russel et P. J. Harman, *Proc. Nation. Acad. Sc.*, 41, 1955, p. 1079.

(4) *Feder. Proc.*, 16, 1957, p. 134.

(5) J. C. Dreyfus, G. Schapira et F. Schapira, *J. Clin. Invest.*, 33, 1954, p. 794.

(6) *J. Biol. Chem.*, 177, 1949, p. 859.

(*Laboratoire de Recherches de Biochimie médicale, Hôpital des Enfants-Malades, Paris.*)

PHARMACOLOGIE. — *Un corps de synthèse de propriétés physiologiques analogues à celle du succinate sodique de la 21-hydroxypregnane-dione.* Note (*) de M. **Jacques Baisse**, présentée par M. Roger Heim.

Le sel sodique de l'ester succinique de la 21-hydroxypregnane-dione, ou Viadril, présente des propriétés anesthésiques intéressantes (1). Il ne provoque le sommeil qu'à des doses relativement élevées, soit 500 à 1500 mg chez l'Homme. Il faut atteindre 4,5 à 5 g pour obtenir un état hypnotique permettant une intervention (2).

Cependant, à des doses beaucoup plus faibles, cette substance montre une action potentialisatrice pour quelques anesthésiques habituels (3).

Une étude physiologique très complète sur ce corps a été publiée dans la *Presse médicale* (4).

Il nous a paru intéressant de rechercher un corps de synthèse, beaucoup moins dispendieux, et présentant des propriétés analogues.

Nous avons préparé dans ce but quelques produits portant le groupe $-COCH_2OH$ caractéristique du Viadril, la fonction alcoolique de ces cétols étant bien entendu succinylée de manière à permettre l'obtention d'un sel hydrosoluble.

Ces synthèses ont été réalisées par deux voies différentes.

La première méthode consiste à préparer un acide carboxylé, puis à le transformer en chlorure d'acide par le chlorure de thionyle; ce chlorure, traité par le diazométhane, donne une diazocétone que l'acide succinique lyse en succinate acide et azote. La marche générale est la suivante :

$$R.COOH \xrightarrow[SOCl_2]{} R.COCl \xrightarrow[CH_2N_2]{} R.COCHN_2$$

$$R.COCHN_2 \xrightarrow[COOH(CH_2)_2COOH]{} R.COCH_2OCOCH_2-CH_2COOH$$

Le second procédé, applicable aux dérivés aromatiques, utilise la condensation de Friedel et Crafts. Par exemple, on traite l'α-naphtol par le chlorure de chloracétyle en présence de chlorure d'aluminium. La chlorocétone obtenue est transformée en acétate de cétol au moyen de l'acétate de sodium anhydre.

L'ester ainsi formé est saponifié, puis le cétol est succinylé par l'anhydride succinique dans la pyridine. La suite opératoire est celle-ci :

OH → ($ClCH_2COCl$) → OH, $COCH_2Cl$ → (CH_3COONa) → OH, $COCH_2OCOCH_3$

OH, $COCH_2OCOCH_3$ → (Saponification) → OH, $COCH_2OH$ →

→ (Anhydride succinique) → OH, $COCH_2OCOCH_2CH_2COOH$

Parmi les composés ainsi préparés jusqu'ici, seul le corps de formule :

OC_2H_5, $COCH_2OCOCH_2CH_2COOH$

présente des propriétés comparables à celles du Viadril. Il provoque l'hypnose, chez le Rat et le Lapin, aux mêmes doses que cette dernière substance et présente, pour quelques anesthésiques déjà connus, le même caractère potentialisateur et prolongateur d'action.

Une étude physiologique complète est en cours et nous poursuivons la préparation d'une série de corps analogues portant un groupe cétol.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

(1) L. H. Lerman, *Brit. Med. J.*, 4985, 1956, p. 129.

(2) Archibald H. Galley et Margaret Rooms, *Lancet*, n° 6930, 1956, p. 990.

(3) J. Cahn, G. Georges et R. Pierre, *C. R. Soc. Biol.*, 150, n° 1, 1956, p. 100.

(4) H. Laborit, P. Huguenard, C. Douzon, B. Weber et R. Guittard, *Presse Médicale*, 63, n° 83, 14 décembre 1955, p. 1725.

MICROBIOLOGIE. — *Utilité d'une lysotypie complémentaire pour classer des cultures* Vi *négatives du bacille typhique.* Note (*) de M. **Pierre Nicolle** et Mme **Gisèle Diverneau**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Grâce aux différentes épreuves de la lysotypie complémentaire du type A, on peut parfois retrouver avec certitude le lysotype dans lequel des cultures Vi négatives auraient pu être classées si elles avaient conservé leur antigène Vi. Cette méthode permet en outre de confirmer le diagnostic du lysotype dans les cas douteux et d'obtenir la subdivision, précieuse en épidémiologie, de certains lysotypes trop fréquents.

On sait que la lysotypie du bacille typhique par la méthode de Craigie et Felix au moyen de préparations adaptées du phage Vi II n'est utilisable que lorsque les cultures possèdent une quantité suffisante d'antigène Vi, puisque cet antigène est le récepteur obligé des phages Vi. Il n'est donc pas possible de connaître, par cette méthode, le lysotype des cultures Vi négatives.

Nous avons publié antérieurement ([1]), ([2]) une méthode de lysotypie complémentaire par six phages non Vi et deux phages Vi qui permet de subdiviser en neuf sous-types le lysotype A, l'un des plus fréquents en

TABLEAU I.

Provenance.	Lyso type.	Sous-type.	Nombre de cultures.	Antigène Vi.	Phages de la lysotypie complémentaire du type A. 1.	2.	3.	4.	5 (*).	6.	7.	8 (*).
Nord, 1957	B_2	–	4	+	—	—	+	·	+	—		+
		–	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Caracas	B_2	–	2	+	—	—	+	—	+	—	—	+
Québec, 1937	B_2	–	1	+	—	—	—	—	+	—	—	+
	A	Maracaïbo	Nombreuses	+	—	—	—	+	—	+	—	+
		»	1	—	—	—	—	+	—	+	—	—
Expériences sur la constance des sous-types du lysotype A	A	Welshpool	Nombreuses	+	—	+	+	+	+	—	—	+
		»	7	—	—	+	+	+	—	—	—	—
	A	Tananarive	Nombreuses	+	—	+	+	+	+	+	+	+
		»	5	—	—	+	+	+	—	-	[illegible]	—
	A	Léopoldville	Nombreuses	+	—	—	—	—	+	+		
		»	4	—	—	—	+	—	—	+	—	
	A	Douala	Nombreuses	+	—	+	+	+	+	+	—	—
		»	5	—	—	+	+	+	—	+	—	—
	A	Coquilhatville	Nombreuses	+	+	+	—	+	+	+	—	+
		»	1	—	+	+	—	+	—	+	—	—
Madagascar	A	Tananarive	Nombreuses	+	—	+	+	+	+	+	+	+
		»	7	—	—	+	+	+	—	+	+	—

(*) Les phages 5 et 8 sont des phages Vi. Ils sont sans action sur les cultures Vi négatives. Tous les autres sont des phages non Vi, c'est-à-dire qu'ils agissent aussi bien sur des cultures Vi négatives que sur des cultures Vi positives.

TABLEAU II.

Provenance.	Lysotype.	Sous-type.	Nombre de cultures.	Anti-gène Vi.	Phages extraits des sous-types constamment ou inconstamment lysogènes du lysotype A. Montréal.	Coqui-lhatville.	Tana-narive.	Douala.	Cham-blee.	Welsh-pool.	Oswes-try.	Mara-caïbo.	Léopold-ville.
Nord, 1957......	B$_2$	–	4	+		+			—		—	—	—
		–	2		—	+	—	—	—	—	–		
Caracas..........	B$_2$	–	2	.	—	+	—	—	—	—	—	—	—
Québec, 1937....	B$_2$	–	1	+	–	+	—	—	—	—	—	—	—
Expériences sur la constance des sous-types du lysotype A (en collaboration avec le Docteur H. Rische, de Wernigerode)	A	Maracaïbo	Nombreuses	+	—	—	—	—	+	—	—	—	—
		»	1	. .	.	—	–	—	+	—	—	—	—
	A	Welshpool	Nombreuses	+	+	+	—	+	+	—	—	+	+
		»	7	.	+	+	—	+	+	–	—	+	+
	A	Tananarive	Nombreuses	+	+	+	—	+	+	+	—	+	+
		»	5	—	+	+	—	+	+	+	—	+	+
	A	Léopoldville	Nombreuses	+		–	—	—	+		—	+	—
		»	4	.			—		+	–	—	.	–
		Douala	Nombreuses	+	+	+	– –	.	+	.	.	+	.
		»	5		+	+	—	—	+	—	—	+	+
	–	Coquilhatville	Nombreuses	+	+	—	—	—	—	—	—	+	+
		»	1		+	—	—	—	—	—	—	+	+
Madagascar......	–	Tananarive	Nombreuses	+	+	+	—	+	+	+	—	+	+
		»	7		+	+	—	+	+	+	—	+	:

France et dans de nombreux pays. En dehors de son intérêt épidémiologique pratique, cette lysotypie complémentaire permet aussi, comme nous allons le voir plus loin, de retrouver dans certains cas, le lysotype de cultures qui ont perdu leur antigène Vi. C'est ainsi que récemment, nous avons reçu six cultures du Nord de la France ([3]) dont on nous demandait de confirmer par la lysotypie de Craigie et Felix qu'elles provenaient d'une même source de contagion. Sur ces six cultures, quatre étaient Vi positives et elles ont donné les réactions normales du lysotype B_2. Les deux dernières n'étaient pas typables parce qu'elles ne possédaient pas d'antigène Vi.

Nous avons à tout hasard éprouvé les six cultures, la souche type B_2 et deux cultures du même lysotype provenant du Venezuela ([4]) par les huit premiers phages de la lysotypie complémentaire. Nous avons constaté que toutes les cultures Vi positives réagissaient aux phages 3, 5 et 8 (1re partie du tableau I). Or, cette image de réactions n'a été observée pour aucun autre type de *S. typhi*. Elle est donc bien caractéristique du lysotype B_2. Les deux cultures Vi négatives n'ont été lysées que par le phage 3. Leur insensibilité aux phages 5 et 8 ne saurait nous étonner, car nous savons que ces deux phages sont des phages Vi.

Nous avons alors soumis les neuf cultures à la deuxième épreuve de la lysotypie complémentaire, c'est-à-dire à l'action des phages extraits des sous-types constamment ou inconstamment lysogènes du type A ([5]) (1re partie du tableau II). Elles se sont comportées de la même façon, qu'elles soient pourvues ou non d'antigène Vi : seul le phage extrait du sous-type Coquilhatville a exercé une action sur toutes les souches. Cette image de réactions n'a été observée pour aucun autre lysotype de *S. typhi*.

Enfin, nous avons pu établir que les neuf cultures étaient lysogènes et que leurs phages, régénérés sur la souche type A, présentaient la même gamme d'activité sur les cultures des différents sous-types du type A (troisième épreuve de la lysotypie complémentaire), à l'exception du phage de la souche type B_2 qui s'est comporté un peu différemment ([6]).

De toutes façons, les réactions des six cultures du Nord ont été identiques. On peut en conclure que les deux cultures Vi négatives auraient donné les réactions du lysotype B_2 si elles avaient eu de l'antigène Vi, argument supplémentaire en faveur de leur origine épidémiologique commune.

Ces résultats, et beaucoup d'autres obtenus antérieurement (2e partie des tableaux I et II) ([7]) permettent de formuler les conclusions qu'on a lues dans le résumé en tête de cette Note.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

([1]) P. Nicolle, M. Pavlatou et G. Diverneau, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2453 et *Ann. Inst. Pasteur*, 87, 1954, p. 493.

([2]) P. Nicolle, G. Diverneau et J. Brault, *Bull. Research Council of Israel* (sous presse).

([3]) Ces six cultures nous ont été adressées par le Docteur R. Buttiaux de l'Institut Pasteur de Lille.

([4]) Cultures envoyées par le Docteur Fossaert, de Caracas.

([5]) P. Nicolle et G. Diverneau, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 126.

([6]) Rappelons que la souche type B_2 a été isolée au Canada il y a vingt ans. Elle a pu subir, au cours de sa longue conservation, des modifications qui expliqueraient les légères différences observées.

([7]) Expériences sur la constance des sous-types du lysotype A après inoculation aux animaux, effectuées en collaboration avec le Docteur H. Rische, de Wernigerode, Harz.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Activité fonctionnelle du système réticulo-endothélial au cours du développement d'une tumeur maligne expérimentale chez le Rat.* Note (*) de MM. **Bernard N. Halpern, Guido Biozzi, Maurice Guérin, Claude Stiffel** et Mlle **Denise Mouton**, présentée par M. Léon Binet.

L'activité phagocytaire du système réticulo-endothélial est régulièrement stimulée après la greffe d'une tumeur du type épithelioma chez le Rat. Cette action stimulatrice est précoce, s'accentue avec l'évolution de la tumeur, mais elle est indépendante de la tumeur.

Nos recherches récentes sur le rôle du système réticulo-endothélial (S. R. E.) dans la défense de l'organisme contre certains germes et toxines ([1]), ([2]) nous ont amenés à étudier la fonction phagocytaire du S.R.E. au cours du développement de tumeurs malignes expérimentales. On trouve, en effet, dans la littérature, quelques renseignements épars suggérant une stimulation histologique des éléments histiocytaires réticulo-endothéliaux chez les animaux porteurs de tumeurs ([3]), ([4]).

Au cours de ces dernières années, nous avons mis au point une technique permettant de mesurer, chez l'animal et l'homme, l'activité phagocytaire du S. R. E. d'une manière quantitative ([5]), ([6]).

Cette technique est basée sur la mesure de la vitesse de l'épuration sanguine de certains systèmes particulaires (carbone, protéines sanguines dénaturées par la chaleur et radiomarquées) introduits par voie veineuse. L'épuration sanguine de ces colloïdes est conditionnée par leur phagocytose par les cellules réticulo-endothéliales au contact du sang. Les modalités de la cinétique de la fonction phagocytaire et ses modifications au cours de divers états physiopathologiques ont été exposées au cours d'un récent symposium ([7]).

Nos expériences ont été effectuées sur des rats albinos mâles, jeunes, auxquels on a greffé, par voie sous-cutanée, un fragment de 50 mg environ de l'épithelioma atypique de Guérin, appelé T. 8 ([8]). Dans ces conditions, la greffe réussit chez 95 % des animaux.

Le développement de la tumeur est rapide : 15 jours après sa greffe, elle a la grosseur d'une noisette et, déjà, on observe des métastases ganglionnaires. A partir de la troisième semaine, l'état général des animaux commence à décliner et, progressivement, s'installent un amaigrissement et une sévère anémie. La mort peut survenir un mois environ après la greffe.

La fonction phagocytaire du S. R. E. des animaux porteurs de tumeurs a été explorée à des intervalles réguliers par la mesure de la vitesse de l'épuration d'une dose-étalon de 8 mg pour 100 g d'une suspension de carbone (C_{11}-1431/*a* Gunther-Wagner, Hanover). Les résultats sont consignés dans le tableau I.

TABLEAU I.

Fonction phagocytaire du S. R. E. chez des animaux greffés avec une tumeur maligne (épithelioma atypique de Guérin).

	Animaux greffés avec la tumeur T. 8.							
	8 jours.		21 jours.		28 jours.		36 jours.	
Témoins : 25 rats (K+).	Index phagocytaire (K+).	Poids tumeur (g).	Index phagocytaire (K+).	Poids tumeur (g).	Index phagocytaire (K+).	Poids tumeur (g).	Index phagocytaire (K+).	Poids tumeur (g).
	0,024	0,250	0,020	15	0,033	31,7	0,026	25
	0,030	0,200	0,037	9,2	0,042	23,7	0,046	30
	0,035	0,150	0,037	9,1	0,042	26	0,060	-
	0,036	0,400	0,041	12	0,045	39	0,075	62
	0,036	0,300	0,046	9,2	0,047	52	0,080	14,3
	0,066	2,200	0,062	38	0,072	43,5	0,130	21,4
	0,082	0,950	0,073	28,5	0,082	32	–	
	0,195	0,100	0,086	10,6	0,088	32,5		
	–	–	0,160	1,4	0,088	31		
					0,113	14,1		
		–	–	–	0,162	33,1	–	-
Moyennes 0,025 ± 0,006	0,063	0,600	0,062	14,8	0,074	32,6	0,070	30,5

$$K+ = \frac{\text{Log } C_1 - \text{Log } C_2}{T_1 - T_2};$$

C_1, concentration sanguine en carbone au temps T_1 ;
C_2, concentration sanguine au temps T_2.

L'activité phagocytaire des animaux témoins est relativement constante et les écarts maxima ne dépassent pas ± 24 %. Huit jours après la greffe, chez six animaux sur huit, on observe une augmentation de l'index phagocytaire qui atteint des valeurs fort élevées chez certains d'entre eux. Vingt et un jours après la greffe, la fonction phagocytaire étudiée dans un groupe de neuf animaux est supérieure à la normale chez tous, sauf un, et, 28 jours après la greffe, la phagocytose est stimulée chez tous les animaux.

Parmi les autres effets observés, citons une augmentation pondérale du foie, alors que le poids de la rate est inchangé.

Les résultats obtenus suggèrent que l'activité phagocytaire du S. R. E. est fortement stimulée dès la première semaine après la greffe de l'épithelioma, c'est-à-dire à un moment où le fragment transplanté est à peine développé.

D'autre part, la comparaison de l'index phagocytaire et du poids des tumeurs chez les animaux pris individuellement montre qu'il n'y a aucune relation directe entre ces deux facteurs. Ceci semble exclure l'éventualité d'une action non spécifique des protéines libérées au cours de la nécrobiose. Enfin, nous n'avons jamais observé d'accumulation de carbone dans les cellules tumorales et les métastases.

(*) Séance du 27 juillet 1957.

(1) G. Biozzi, B, Benacerraf et B. N. Halpern, *Brit. J. Exp. Pathol.*, 36, 1955, p. 226.

(2) G. Biozzi, B. Benacerraf, F. Grumbach, B. N. Halpern, J. Levaditi et N. Rist, *Ann. Inst. Pasteur*, 87, 1954, p. 291.

(3) H. Hoephe, *Z. Krebsfoschung*, 58, 1952, p. 378.

(4) T. Nicol et R. S. Snell, *Nature*, 174, 1954, p. 554.

(5) G. Biozzi, B. Benacerraf et B. N. Halpern, *Brit. J. Exp. Pathol.*, 34, 1953, p. 441.

(6) B. N. Halpern, G. Biozzi, B. Benacerraf, C. Stiffel et B. Hillemand, *C. R. Soc. Biol.*, 150, 1956, p. 1307.

(7) B. N. Halpern, *Physiopathology of the Reticulo-Endothelial System Symposium organisé par le C. I. O. M. S.*, 1 vol., Oxford, 1957, Churchill édit.

(8) M. Guérin et P. Guérin, *Bull. Assoc. Franç. pour l'étude du cancer*, 23, 1934, p. 632.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Mise en évidence de nucléoagglutinines dans des sérums normaux ou immuns et dans différents extraits tissulaires.* Note (*) de M. **Albert Delaunay**, Mme **Monique Pelletier** et Mlle **Michelle Henon**, transmise par M. Gaston Ramon.

Au cours de ces dernières années, nous avons étudié attentivement les agglutinines amidon (1) et levure (2) que recèlent normalement différents sérums. A une question, cependant, nous avons été incapables de répondre : quelle est la nature de ces agglutinines; s'agit-il, ou non, d'anticorps ? Avec l'espoir de mieux approcher de la solution, nous étions partis à la recherche d'un nouveau type d'agglutinogène pouvant, au moins par sa forme, être rapproché des précédents. Après un certain nombre d'essais sans résultats, nous l'avons découvert en l'espèce de *noyaux cellulaires.*

Mode opératoire. — Toutes les expériences qui seront rapportées ici ont été faites avec des noyaux d'hématies de poulet. Pour isoler ceux-ci, nous opérons de la façon suivante. 10 ml de sang de poulet sont recueillis par ponction cardiaque, ajoutés à 2 ml d'une solution d'héparine à 5 %,

enfin centrifugés. Le culot cellulaire est lavé trois fois par une grande quantité d'eau physiologique. La purée globulaire, obtenue lors de la dernière centrifugation est ajoutée en goutte à goutte sous le volume de 1 ml à 20 ml *d'acide lactique* au 1/1000e (pH 2,7). Cette préparation, une fois agitée, est filtrée sur gaze et déposée à 37° pendant 14 h (un temps de séjour moins long peut aussi être adopté). Passé ce temps, elle est centrifugée 5 mn, à raison de 2 500 t/mn, puis le culot cellulaire est lavé trois fois dans une grande quantité d'eau physiologique. Le dernier culot est traité par 40 ml de soude N au 1/10 000e (pH 9,5), agité dans ce milieu, enfin centrifugé 5 mn à grande vitesse. Ultime étape : le culot est repris par de l'eau physiologique ajoutée en quantité telle que le nombre de noyaux présents par millilitre est de 63 000.

La suspension de noyaux obtenue de la sorte est réellement parfaite. Entre lame et lamelle, tous les noyaux, de morphologie apparemment intacte, sont *séparés* les uns des autres. Les préparations, colorées par le mélange de Giemsa, sont impeccables.

Au moment d'une expérience, sont réunis et *mélangés* sur lames 0,05 ml du sérum ou de l'extrait en cours d'étude et 0,02 ml de la suspension nucléaire préparée comme il a été dit ci-dessus. Quand une agglutination doit prendre place, elle s'installe très vite et son intensité n'augmente pas avec le temps. Certaines agglutinations sont nettement perceptibles à l'œil nu (nous les désignons par + + + + + ou + + + +). Les autres n'apparaissent qu'à l'examen microscopique (sans lamelles); en ce cas encore, nous indiquons leur intensité par un nombre de croix plus ou moins élevé : + + +, + +, + ou ±.

Résultats. — 1. *Sérums normaux* (examens faits moins de 3 jours après la saignée de l'animal). — Ont été étudiés des sérums de cobaye, de lapin, de cheval, de mouton, de bœuf et de rat. Pour 3 sérums de mouton et 3 sérums de bœuf, aucune agglutination. Pour 3 sérums de cheval, 3 agglutinations très faibles (+ ou ±), pour 40 sérums de rat (mélangés par 5), 1 agglutination très forte (+ + + + +), 5 agglutinations d'intensité moyenne (+ + + ou + +), 1 agglutination faible (+); dans un cas, enfin, pas d'agglutination. Pour 7 sérums de lapin, 1 agglutination forte (+ + + +), 4 agglutinations d'intensité moyenne (+ + + ou + +), 2 agglutinations faibles. Avec 105 sérums de cobaye enfin, nous avons observé 30 fois une agglutination massive (+ + + + + ou + + + +), 50 fois une agglutination moyenne (+ + + ou + +), 10 fois une agglutination faible (+); dans 5 cas, agglutination nulle. Certains sérums de lapin, de cheval ou de bœuf provenaient d'animaux en cours d'une immunisation antibactérienne ou antitoxique.

Ces premiers faits acquis, nous avons poursuivi nos expériences avec les seuls *sérums de cobaye*, manifestement les plus riches en nucléoaggluti -

nines. N'utilisant que des sérums très agglutinants (+ + + + + ou + + + +), nous avons recherché l'action de différents facteurs.

a. Dilution : Un sérum dilué 5 fois par de l'eau physiologique n'agglutine plus que faiblement les noyaux. Avec un sérum dilué 20 fois, agglutination nulle.

b. Vieillissement à + 4° *:* Disparition rapide des nucléoagglutinines, totale au bout de 21 jours.

c. Chauffage au bain-marie (1 h à 56°) *:* Disparition totale des nucléoagglutinines.

d. Des *sérums, épuisés par des noyaux* d'hématies, et aussi par des *grains d'amidon* de riz, perdent totalement leurs nucléoagglutinines naturelles. Perte partielle, seulement, après épuisement par les cellules de *levure*.

e. Disparition également des nucléoagglutinines après addition aux sérums de fortes concentrations de *sels* (10 %) : ClNa, salicylate, benzoate, gentisate, Cl_2Ca, cyanure, etc. (action rapide) ou d'*oses* divers (10 %) : glucose, galactose, lactose (action plus lente), après addition de *formol* (0,1 ml d'une solution neutralisée à 10 % par millilitre de sérum) ou d'*urée* (10 %).

f. L'*héparine* (0,05 ml d'une solution à 0,25 mg/ml ajouté à 0,95 ml de sérum) a, elle aussi, une action inhibitrice immédiate. En revanche, action variable de l'*endotoxine typhique*. Celle-ci, ajoutée à dose faible (0,2 mg/ml de sérum) augmente plutôt l'agglutination ; à dose forte (1 mg/ml de sérum), elle la diminue.

2. *Immunsérums.* — 3 lapins sont immunisés par des injections répétées de globules rouges lavés de poulet [2 injections à doses croissantes (de 1 à 4 ml) par semaine]. Quatre semaines après la première injection, leur sérum est recueilli. Les 3 sérums ont agglutiné très fortement les noyaux d'hématies (+ + + + +, + + + +, + + + +). Cependant, dilués 10 fois, leur activité agglutinante apparaissait déjà faible (+ ±).

3. *Extraits de cellules ou de tissus divers.* — Le liquide provenant du broyage en eau physiologique d'hématies de poulet, de polynucléaires ou de macrophages de cobaye n'agglutine pas les noyaux d'hématies de poulet. De même, le liquide qui provient extemporanément du broyage en eau physiologique de fragments d'organes (foie, rate, rein, testicules) de cobaye. Résultats encore négatifs quand on utilise les liquides provenant du broyage de ces cellules ou tissus dans une solution d'acide lactique au 1/1000e (pH 2,7). En revanche, les résultats sont constamment positifs quand, avant examen du liquide de suspension, cellules et tissus broyés ont été maintenus 3 jours à 37° dans une solution comparable d'acide lactique. L'intensité des agglutinations atteint alors dans la règle + + + + et + + +. Par voie chimique, nous avons découvert la présence dans ces extraits de polypeptides basiques. Ce sont sans doute ces principes qui jouent le rôle, ici, d'agglutinines.

Des expériences en cours venant de nous montrer que des nucléoagglutinines peuvent exister encore dans de simples extraits lactiques de végétaux divers (l'autolyse, ici, n'est pas nécessaire), on peut dire que ces principes sont largement répandus autour de nous (à l'état naturel ou

comme produit de dégradation de molécules complexes). Nous essayons, en ce moment, d'identifier, dans les différents milieux où l'on peut les trouver, leur structure chimique exacte, de déterminer leur signification et leur importance.

(*) Séance du 29 juillet 1957.

(1) A. Delaunay, M. Pelletier, M. Henon et coll., *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2094; 241, 1955, p. 1094; *Ann. Inst. Pasteur*, 89, 1955, p. 675; 91, 1956, p. 269 et 274; *Rev. Hématologie*, 11, 1956, p. 402.

(2) A. Delaunay, M. Pelletier, H. Henon et coll., *C. R. Soc. Biol.*, 149, 1955, p. 1868; *Ann. Inst. Pasteur*, 91, 1956, p. 269 et 274.

La séance est levée à 15 h 40 m.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 6 mai 1957.)

Note présentée le même jour, de M. *Marcel Gigout*, Chronologie du Quaternaire récent marocain. Principes de la corrélation fluviomarine :

Page 2406, figure 2, sur l'axe des ordonnées, *au lieu* de 1, *lire* 5; *au lieu de* 2 m, *lire* 10 m.

(*Comptes rendus* du 27 mai 1957.)

Note présentée le même jour, de MM. *Aron Vaisman*, *Robert Prudhomme* et Mlle *Annette Hamelin*, Valeur antigénique de « *Treponema pallidum* » soumis aux ultrasons dans le sérodiagnostic de la syphilis :

Page 2750, 3e ligne du titre, *au lieu de* Robert Prudhom, *lire* Robert Prudhomme.

(*Comptes rendus* du 5 août 1957.)

Note présentée le même jour, de M. *Roger Heim*, Analyse de quelques expériences personnelles produites par l'ingestion des Agarics hallucinogènes du Mexique :

Pages 597 à 603, *au lieu de* André Michaux, *lire* Henri Michaux.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1957

(*Suite et fin.*)

Ein Satz über elektrische Netzwerke und mit einer anwendung auf Filter, von Balthasar Van der Pol. Sonderabdruck aus *Elektrische nachrichtentechnik*, 1934. Berlin, Verlagsbuchhandlung Julius Springer; 1 fasc. 30 cm.

Oscillations de relaxation et démultiplication de fréquence, par Balthasar Van der Pol, in *Actualités scientifiques et industrielles*, 1937, Paris, Hermann; 1 fasc. 21 cm.

Oliver Heaviside (1850-1925), door Balthasar Van der Pol. S'. Gravenhage, Martinus Nijhoff, 1938; 1 fasc. 24,5 cm.

Beyond Radio, by Balthasar Van der Pol, in *Proceedings of the World Radio Convention*, Sydney, 1938; 1 fasc. 28 cm.

Orchestral Pitch a cathode Roy Method of measurement during a concert, by Balthasar Van der Pol, in *Wireless World*, 1939; 1 feuillet 33 cm.

Biological Rhythms considered as relaxation oscillations, by Balthasar Van der Pol, 21 *th conference for biological Rhythm research*. Aug. 25-26, Utrecht; 1940; 1 fasc. 23 cm.

Mathematics and Radio problems, by Balthasar Van der Pol, in *Philips research* reports n° 3, juin 1948; 1 fasc. 23,5 cm.

Reprinted from *Proceedings* serie A. Vol. LI, n° 8, 1948 : *Modern operational calculus based on the two-sided Laplace integral*, I, by Balthasar Van der Pol and H. Bremmer; — Vol. LIV, n° 1, 1951 : *The primes in k* (q), by Balthasar Van der Pol and Pierre Speziali; — Vol. LIV, n° 3, 1951 : *On a non-linear partial differential equation satisfied by the logarithm of the Jacobian thetafunctions, with arithmetical applications.* I and II, by Balthasar Van der Pol; — Vol. LVII, n° 3, 1954 : *The representation of numbers as sums of eight, sixteen and twenty four squares*, by Balthasar Van der Pol; — Vol. LIX, n° 2, 1956 : *Équations différentielles linéaires vérifiées par certaines fonctions modulaires elliptiques*, par T. Touchard et Balthasar Van der Pol; 5 fasc. 26 cm.

On discontinuous electromagnetic Waves and the Occurrence of a surface Wave, by Balthasar Van der Pol, in *Electromagnetic Wave theory symposium*, 1950; 1 fasc. 28 cm.

Heavisides operational calculus, by BALTHASAR VAN DER POL, in *The Heaviside centenary volume*, May 1950; 1 fasc. 28 cm.

Permanent secretary of the C. C. I. R., VI *plenary Assembly*, Geneva 1951 : Note on *Rayleigh Fading*, by BALTHASAR VAN DER POL; 1 fasc. multycopié 30 cm.

Note sur les propriétés des solutions d'une équation différentielle que l'on peut déduire directement de l'équation différentielle elle-même, par BALTHASAR VAN DER POL. Extrait des *Actes du Colloque international des vibrations non linéaires*, île de Porquerolles 1951. Paris, Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air, nº 281; 1 fasc. 28,5 cm (en langues française et anglaise).

Radio technology and the theory of numbers, by BALTHASAR VAN DER POL. Reprinted from *Journal of the Franklin Institute*, vol. 255, nº 6, 1953; 1 fasc. 24 cm.

H. A. Lorentz and the Bearing of his Work on Electromagnetic telecommunication by BALTHASAR VAN DER POL, in *Telecommunication journal*, nº 10, 1953; 1 fasc. 30 cm.

Note on the gamma function, by BALTHASAR VAN DER POL, in *Canadian journal of mathematics*, Vol. 6, 1953; 1 fasc. 25 cm.

Operational calculus based on the two-sided Laplace integral, by BALTHASAR VAN DER POL and H. BREMMER, Cambridge, University Press, 1955; 1 vol. 25,5 cm.

Some observations on diversity reception, by BALTHASAR VAN DER POL, in *Tijdschrift van het Nederlands Radiogenootschap*, 1955, deel 20, nº 2; 1 fasc. 24 cm.

Démonstration élémentaire de la relation $\theta_3^4 = \theta_0^4 + \theta_2^4$ *entre les différentes fonctions de Jacobi*, par BALTHASAR VAN DER POL, in *L'enseignement mathématique*, Genève, Imprimerie Kundig, 1956; 1 fasc. 24 cm.

Les conférences du Palais de la découverte. Série A, nº 226, 1957 : *Nouvelles perspectives en physiologie cardiaque* par BORIS RYLAK, nº 227, 1957 : *Une application de la symétrie à la lutte contre les microbes*, par JACQUES NICOLLE. Série D, nº 48, 1955 : *Réaumur et l'analyse des phénomènes instinctifs*, par PIERRE-PAUL GRASSÉ. Paris, Université de Paris; 3 fasc. 18 cm.

L'*Univers aléatoire*, par PHILIPPE WEHRLÉ in *Bibliothèque scientifique*, nº 29. Préface de FERDINAND GONSETH. Neuchâtel, Édition du Griffon, 1956; 1 vol. 23 cm (présenté par M. L. de Broglie).

Les frères Engramelle, par ARTHUR BIREMBAUT, in *Actes du* VIIIe *congrès international d'histoire des sciences*, Florence, 3-9 septembre 1956; 1 fasc. 24 cm.

Organisation européenne pour la recherche nucléaire. Deuxième rapport annuel. Paris C. E. R. N., 1956; 1 fasc. 29,5 cm.

Joseph Priestley's first Papers on Gases and Their reception in France, by HENRY GUERLAC. Reprinted from *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*, 1957, Vol. XII, nº 1; 1 fasc. 25 cm.

A note on Lavoisier's scientific education, by HENRY GUERLAC, in *Isis*, Vol. 47, Part 3, nº 149, 1956; 1 fasc. 25 cm.

Aristote. Les parties des animaux. Texte établi et traduit par PIERRE LOUIS, in *Collection des Universités de France.* Paris, Société d'édition les Belles lettres, 1956; 1 vol. 20 cm (en langues française et grecque).

Connaissance des Temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs, publié par le BUREAU DES LONGITUDES. Paris, Gauthier-Villars, 1957; 1 vol. 24 cm.

Benjamin Franklin's unfinished business, by HELEN and CLARENCE JORDAN. Story of the international celebration of the 250 th anniversary of the Birth of Benjamin Franklin 1706-1956. Philadelphie, the Franklin Institute, s.d.; 1 vol. 24 cm.

Ueber Halbvertauschbare Polynome, von GUNNAR AF HALLSTRÖM, in *Acte Academiæ Abœnsis Mathematica et Physica* XVI. 2. Abo Akademi, 1957; 1 fasc. 24,5 cm.

Il calcolo dell' infinitamente grande, par GAETANO DE MARCO. Vol. I. Napoli, Tipografia A. Tram, 1938-XVI, 1 vol. 28 cm.

Id. Vol. II, *Sulle orme de Wallis ed oltre*, par GAETANO DE MARCO. Napoli, Typografia La Floridiana, 1956; 1 vol. 28 cm.